

日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日 2 0 0 3 年 8 月 2 6 日
Date of Application:

出 願 番 号 特 願 2 0 0 3 - 3 0 1 7 2 5
Application Number:
[ST. 10/C]: [J P 2 0 0 3 - 3 0 1 7 2 5]

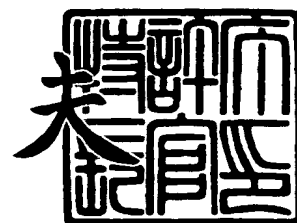
出 願 人 富 士 通 株 式 会 社
Applicant(s):



2 0 0 4 年 2 月 1 6 日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

今 井 康 夫



【書類名】 特許願
【整理番号】 0350288
【提出日】 平成15年 8月26日
【あて先】 特許庁長官殿
【国際特許分類】 G02F 1/29
【発明者】
 【住所又は居所】 神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番1号 富士通株式会社
 内
 【氏名】 谷口 眞司
【発明者】
 【住所又は居所】 神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番1号 富士通株式会社
 内
 【氏名】 山本 毅
【特許出願人】
 【識別番号】 000005223
 【氏名又は名称】 富士通株式会社
【代理人】
 【識別番号】 100092978
 【弁理士】
 【氏名又は名称】 真田 有
 【電話番号】 0422-21-4222
【手数料の表示】
 【予納台帳番号】 007696
 【納付金額】 21,000円
【提出物件の目録】
 【物件名】 特許請求の範囲 1
 【物件名】 明細書 1
 【物件名】 図面 1
 【物件名】 要約書 1
 【包括委任状番号】 9704824

【書類名】 特許請求の範囲**【請求項 1】**

2つの入力ポートからの入力側波長多重光について、2つの偏光成分にそれぞれ分離された波長分波光として平行なビーム方向で出射するための偏光分離・波長分波部材と、

該偏光分離・波長分波部材からの各波長分波光について、制御信号により前記偏光成分の偏光方向が切り替え可能な偏光制御素子が、アレイ状に配置される偏光制御素子アレイと、

該偏光制御素子アレイからの各波長分波光について、もとの偏光成分に合成された出力側波長多重光として、2つの出力ポートのいずれかに出射するための偏光合成・波長多重部材と、をそなえ、

該偏光制御素子アレイをなす個々の偏光制御素子による各波長分波光の偏光方向の切り替えに従って、上記各入力ポートからの入力側波長多重光の波長成分ごとに出力先となる出力ポートが切り替えられて、入力側波長多重光に対して波長成分が切り替えられた出力側波長多重光をそれぞれ出力するように、該偏光合成・波長合波部材が構成されたことを特徴とする、偏光制御型波長選択スイッチ。

【請求項 2】

該偏光分離・波長分波部材が、

該2つの入力ポートからの波長多重光を、それぞれ概ね平行光にコリメートするための第1コリメータと、

該第1コリメータからの各波長多重光を、入射位置および偏光方向に応じて出射位置を分離させて、2つの偏光成分に分離された波長多重光としてそれぞれ出射するための偏光分離素子と、

該偏光分離素子からの各波長多重光について、各波長成分に分波するための波長分波素子と、

該波長分波素子にて分波された各波長分波光を概ね平行光にコリメートして、該偏光制御素子アレイへ出射するための第1レンズと、をそなえとともに、

該偏光合成・波長合波部材が、

該偏光制御素子アレイからの各波長分波光を集光するための第2レンズと、

該第2レンズにて集光された各波長分波光を合波して、波長多重光として出射するための波長合波素子と、

該偏光分離素子で分離されている偏光成分をもとの状態に偏光合成し、該偏光制御素子アレイで偏光方向が切り替えられた波長成分ごとに出力先となる出力ポートを切り替えて出射する偏光合成素子と、

該偏光合成素子から出射される2つの波長多重光を概ね平行光にコリメートし、それぞれの出力ポートへ出射する第2コリメータと、

をそなえて構成されたことを特徴とする、請求項1記載の偏光制御型波長選択スイッチ。

【請求項 3】

該偏光制御素子アレイをなす各偏光制御素子が、各波長分波光についての出射光が入射端面から折り返されて出射されるように構成され、

上記の第1レンズおよび第2レンズ、波長分波素子および波長合波素子、偏光分離素子および偏光合成素子、並びに第1コリメータおよび第2コリメータが、可逆素子として共用化されていることを特徴とする、請求項2記載の偏光制御型波長選択スイッチ。

【請求項 4】

上記の2つの入力ポートに2本の入力用光ファイバが、2つの出力ポートに2本の出力用光ファイバが、それぞれ接続されていることを特徴とする、請求項1～3のいずれか1項記載の偏光制御型波長選択スイッチ。

【請求項 5】

上記の2つの入力ポートおよび2つの出力ポートが、2つの入出力ポートとして共用化され、該2つの入出力ポートに2本の入出力用の光ファイバが接続されるとともに、

該2本の入出力用の光ファイバには、上記入力側波長多重光は上記入力ポート側へ伝搬

させるとともに上記出力側波長多重光については上記入力側波長多重光の経路とは反対方向へ伝搬させる光サーキュレータが、それぞれ介装されたことを特徴とする、請求項 3 記載の偏光制御型波長選択スイッチ。

【書類名】明細書

【発明の名称】偏光制御型波長選択スイッチ

【技術分野】

【0001】

本発明は、例えば波長多重通信システム中の光クロスコネクタ装置や光分岐挿入装置において用いて好適の、偏光制御型波長選択スイッチに関するものである。

【背景技術】

【0002】

近年の光通信システム分野においては、光信号のまま波長単位で伝送経路を変更する光クロスコネクタ装置や、1本の光ファイバに伝送される波長の異なる複数の光（波長多重光）からある波長の信号を分岐又は挿入する光分岐挿入装置に関する技術の開発が活発になされている。

入力光としての波長多重光の波長成分を選択的に切り替えて出力光としての波長多重光を出力する波長選択スイッチは、上述のごとき光クロスコネクタ装置や光分岐挿入装置に関する技術の中核をなすものである。この波長選択スイッチとして従来提案されているものには、図18に代表されるような回折格子とMEMS（Micro Electro Mechanical Systems）ミラーアレイとを組み合わせた例が多い。

【0003】

この図18に示す波長選択スイッチ100は、2本の光ファイバ101a、101bから伝搬されてきた波長多重光について、コリメート光学系104a、104b、回折格子105a、105bおよびMEMSミラーアレイ106の組み合わせにより、波長単位に伝送先光ファイバ102a、102bを切り替えようとするものである。

なお、光ファイバ101aから入射される波長多重光の信号光S01～S03と、光ファイバ101bから入射される波長多重光の信号光S11～S13について、S01とS11（波長 λ_1 ）、S02とS12（波長 λ_2 ）、S03とS13（波長 λ_3 ）はそれぞれ同じ波長の信号光であるものとする。

【0004】

この図18は、波長選択スイッチ100により、波長 λ_2 の信号光S02を光ファイバ101aから光ファイバ102bに切り替えて伝送し、波長 λ_1 および λ_3 の信号光S01・S03を光ファイバ101aから光ファイバ102aに、波長 λ_1 および λ_3 のS11・S13を光ファイバ101bから光ファイバ102bに、切り替えずに伝送する場合を示している。

【0005】

ここで、光サーキュレータ103a、103bはそれぞれ、光ファイバ101a、101bから伝搬されてきた波長多重光を入力光としてコリメート光学系104a、104bへ導くとともに、コリメート光学系104a、104bからの出力光を光ファイバ102a、102bの出力側へ導く。

回折格子105aは、コリメート光学系104aから導かれた入力光について、波長成分ごとに異なる出射角度の平行光として、MEMSミラーアレイ106に出射するとともに、MEMSミラーアレイ106から反射された光を各波長成分が合波された波長多重光としてコリメート光学系104aおよび光サーキュレータ103aを介して光ファイバ102bへ出射する。

【0006】

同様に、回折格子105bは、コリメート光学系104bから導かれた入力光について、波長成分ごとに異なる出射角度の平行光として、MEMSミラーアレイ106に出射するとともに、MEMSミラーアレイ106から反射された光を各波長成分が合波された波長多重光としてコリメート光学系104bおよび光サーキュレータ103bを介して光ファイバ102aへ出射する。

【0007】

MEMSミラーアレイ106は、印加される電気信号等から駆動力を得て反射面角度を

可変しうるマイクロミラー106a~106dがアレイ状に配置されてなるもので、回折格子105a, 105bからの反射光は、波長成分ごとに異なるマイクロミラー106a~106dを反射するようになっている。

すなわち、マイクロミラー106a, 106b, 106dは、回折格子105aおよび105bによりそれぞれ λ_1 , λ_2 , λ_3 の光が集光されるものであり、回折格子105a, 105bから出力される光の波長が同一であれば、同一のマイクロミラーユニットで反射され、制御される構成である。

【0008】

これにより、例えば、光ファイバ101aからの波長多重光のうちで、伝送先光ファイバを切り替えずに光ファイバ102bに出射する波長成分に対しては、当該波長成分光を反射するマイクロミラー106a~106dの反射面角度を、ミラー反射光が回折格子105bおよびコリメート光学系104bを通じて光ファイバ102aに入射されるように設定する。又、伝送先光ファイバを切り替えて光ファイバ102aに出射する波長成分に対しては、当該波長成分光を反射するマイクロミラー106aの反射面角度を、ミラー反射光が回折格子105aおよびコリメート光学系104aを通じて光ファイバ102bに入射されるように設定する。

【0009】

たとえば、伝送先光ファイバの切り替えを行わない場合として、ファイバ101aよりサーキュレータ103aを通じて入力された波長 λ_1 の信号光S01は、回折格子105aによりマイクロミラー106aに集光され、反射して回折格子105bに出力され、サーキュレータ103bよりファイバ102aに出力される。

同様に、サーキュレータ103bより入力された波長 λ_1 の信号光S11は、回折格子105bによりマイクロミラー106aに集光され、反射して回折格子105aに出力され、サーキュレータ103aよりファイバ102bに出力される。

【0010】

また、伝送先光ファイバの切り替えがある場合として、ファイバ101aよりサーキュレータ103aを通じて入力された波長 λ_2 の信号光S02は、回折格子105aによりマイクロミラー106bに集光され、反射して再び回折格子105aに出力され、サーキュレータ103aよりファイバ102bに出力される。

このとき、ファイバ101bよりサーキュレータ103bを通じて入力された波長 λ_2 の信号光S12は、回折格子105bによりマイクロミラー106bに集光されるが、マイクロミラー106bは回折格子105aの方向を向いているので反射されず、信号光S12は、サーキュレータ103aにも、サーキュレータ103bにも出力されない。

【0011】

したがって、2ポートからの同一波長の入力光を同一のマイクロミラーユニットにより制御する図18の構成では、光ファイバ102bへの波長 λ_2 の光として、信号光S02と信号光S12を切り替えることはできるが、光ファイバ102aおよび102bの波長 λ_2 の光を同時に切り替える、フル・クロスコネクト動作を行なうことができない。

すなわち、2ポートからの同一波長の入力光を、同一のマイクロミラーユニットにより制御する上述の図18のごとき構成では、フル・クロスコネクトを実現することはできない。フル・クロスコネクトをMEMSミラーアレイを用いて実現するには、マイクロミラーの2次元制御が必要となるため、構造やミラー制御が複雑になる。

【0012】

さらに、上述のごときMEMSミラーを用いた構成では、マイクロミラー角度を保持しておくために常時電圧を印加しておく必要があるため、消費電力が増大するという課題がある。又、MEMSミラーの動作速度はミリ秒台であり、より高速な動作要求に応えるためには、動作速度をより高速化された新たな波長選択スイッチを構成することが望まれる。

【0013】

なお、本願発明に関連する技術として、以下に示す特許文献1には、インライン偏光計

から出力される偏光状態の情報に応じて複数の光信号の偏光を修正し制御する機能について記載されているが、後述の本願発明のごとき、偏光制御によって波長成分ごとの光路切り替えを行なう波長選択スイッチについて提供するものではない。

【特許文献1】特開2001-337299号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0014】

本発明は、このような課題に鑑み創案されたもので、従来のMEMSミラーを用いた波長選択スイッチに比べて、簡素な構造と制御で、より高速に動作するとともに、スイッチ動作させるために要する消費電力を大幅に削減させながら、フル・クロスコネクトを行なうことができるようにした、偏光制御型波長選択スイッチを提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0015】

このため、本発明の偏光制御型波長選択スイッチは、2つの入力ポートからの入力側波長多重光について、2つの偏光成分にそれぞれ分離された波長分波光として平行なビーム方向で出射するための偏光分離・波長分波部材と、該偏光分離・波長分波部材からの各波長分波光について、制御信号により前記偏光成分の偏光方向が切り替え可能な偏光制御素子が、アレイ状に配置される偏光制御素子アレイと、該偏光制御素子アレイからの各波長分波光について、もとの偏光成分に合成された出力側波長多重光として、2つの出力ポートのいずれかに出射するための偏光合成・波長多重部材と、をそなえ、該偏光制御素子アレイをなす個々の偏光制御素子による各波長分波光の偏光方向の切り替えに従って、上記各入力ポートからの入力側波長多重光の波長成分ごとに出力先となる出力ポートが切り替えられて、入力側波長多重光に対して波長成分が切り替えられた出力側波長多重光をそれぞれ出力するように、該偏光合成・波長合波部材が構成されたことを特徴としている。

【0016】

また、好ましくは、偏光分離・波長分波部材を、2つの入力ポートからの波長多重光を、それぞれ概ね平行光にコリメートするための第1コリメータと、第1コリメータからの各波長多重光を、入射位置および偏光方向に応じて出射位置を分離させて、2つの偏光成分に分離された波長多重光としてそれぞれ出射するための偏光分離素子と、偏光分離素子からの各波長多重光について、各波長成分に分波するための波長分波素子と、波長分波素子にて分波された各波長分波光を概ね平行光にコリメートして、該偏光制御素子アレイへ出射するための第1レンズと、をそなえとともに、偏光合成・波長合波部材が、偏光制御素子アレイからの各波長分波光を集光するための第2レンズと、第2レンズにて集光された各波長分波光を合波して、波長多重光として出射するための波長合波素子と、偏光分離素子で分離されている偏光成分をもとの状態に偏光合成し、該偏光制御素子アレイで偏光方向が切り替えられた波長成分ごとに出力先となる出力ポートを切り替えて出射する偏光合成素子と、偏光合成素子から出射される2つの波長多重光を概ね平行光にコリメートし、それぞれの出力ポートへ出射する第2コリメータと、をそなえて構成することができる。

【0017】

さらに、偏光制御素子アレイをなす各偏光制御素子を、各波長分波光についての出射光が入射端面から折り返されて出射されるように構成され、上記の第1レンズおよび第2レンズ、波長分波素子および波長合波素子、偏光分離素子および偏光合成素子、並びに第1コリメータおよび第2コリメータが、可逆素子として共用化されるようにしてもよい。

また、好ましくは、上記の2つの入力ポートに2本の入力用光ファイバが、2つの出力ポートに2本の出力用光ファイバが、それぞれ接続されている。

【0018】

さらに、好ましくは、上記の2つの入力ポートおよび2つの出力ポートが、2つの入出力ポートとして共用化され、該2つの入出力ポートに2本の入出力用の光ファイバが接続されるとともに、2本の入出力用の光ファイバには、上記入力側波長多重光は上記入力ポ

ート側へ伝搬させるとともに上記出力側波長多重光については上記入力側波長多重光の経路とは反対方向へ伝搬させる光サーキュレータを、それぞれ介装する。

【発明の効果】

【0019】

したがって、本発明によれば、共用化された偏光分離・波長分波部材および偏光合成・波長多重部材と、偏光制御素子アレイとをそなえ、偏光制御素子アレイをなす個々の偏光制御素子による各波長分波光の偏光方向の切り替えに従って、各入力ポートからの入力側波長多重光の波長成分ごとに出力先となる出力ポートが切り替えられて、入力側波長多重光に対して波長成分が切り替えられた出力側波長多重光をそれぞれ出力することができるので、従来のMEMSミラーを用いた波長選択スイッチに比べて、簡素な構造と制御で、より高速に動作するとともに、スイッチ動作させるために要する消費電力を大幅に削減させながら、フル・クロスコネクトを行なうことができる利点がある。

【0020】

また、本発明によれば、該偏光制御素子アレイをなす各偏光制御素子を、各波長分波光についての出射光が入射端面から折り返されて出射されるように構成し、偏光分離・波長分波部材および偏光合成・波長多重部材としての機能を、共用化させることができるので、上述のごとき利点に加え、装置を構成するための部品点数を更に削減させ、装置製造のためのコストを削減し、装置規模を大幅に縮小させることができる利点もある。

【0021】

さらに、2つの入力ポートに2本の入力用光ファイバが、2つの出力ポートに2本の出力用光ファイバが、それぞれ接続されているので、上述のごとき利点に加え、光サーキュレータを不要とするように構成することができ、装置製造のためのコストを更に削減させることができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0022】

以下、図面を参照することにより、本発明の実施の形態について説明する。

〔a〕第1実施形態の説明

図1、図8は本発明の第1実施形態を示す図で、図1は第1実施形態にかかる偏光制御型波長選択スイッチ10を示す模式的斜視図で、図8は第1実施形態にかかる偏光制御型波長選択スイッチ10の構成要素の配置関係に着目した上視図である。この図1又は図8に示すように、偏光制御型波長選択スイッチ10は、基板1上に、ファイバコリメータ2、偏光ビームスプリッタ3、回折格子4、レンズ5および磁気光学素子アレイ6が配置されて構成されて、フル・クロスコネクトを実現するものである。

【0023】

なお、図1においては、本実施形態にかかる偏光制御型波長選択スイッチ10の各構成要素2～6が基板1上に配置されるようになっているが、実装上はこれらの構成要素2～6が筐体に収納されて構成することとしてもよい。

ファイバコリメータ（第1コリメータ、第2コリメータ）2は、入力用の2本の光ファイバ7-1、7-3からの波長多重光を導入するための入力ポート2-1、2-3とともに、出力用の2本の光ファイバ7-2、7-4への波長多重光を導くための出力ポート2-2、2-4をそなえている。即ち、2つの入力ポート2-1、2-3に2本の入力用光ファイバ7-1、7-3が、2つの出力ポート2-2、2-4に2本の出力用光ファイバ7-2、7-4が、それぞれ接続されている。

【0024】

なお、図1に示す偏光制御型波長選択スイッチ10においても、光ファイバ7-1から入射される波長多重光の信号光S01～S03と、光ファイバ7-3から入射される波長多重光の信号光S11～S13について、S01とS11（波長 λ_1 ）、S02とS12（波長 λ_2 ）、S03とS13（波長 λ_3 ）はそれぞれ同じ波長の信号光であるものとする。

【0025】

また、この図1においては、偏光制御型波長選択スイッチ10により、波長 $\lambda 2$ の信号光S02, S12はそれぞれ光ファイバ7-1, 7-3から光ファイバ7-4, 7-2に伝送し、波長 $\lambda 1$ の信号光S01, S11はそれぞれ光ファイバ7-1, 7-3から出力先方路を切り替えて光ファイバ7-2, 7-4に、波長 $\lambda 3$ の信号光S03, S13も光ファイバ7-1, 7-3からそれぞれ出力先方路を切り替えて光ファイバ7-2, 7-4に、伝送する場合を示している。

【0026】

これにより、ファイバコリメータ2においては、入力ポート2-1, 2-3からの波長多重光をそれぞれ概ね平行光にコリメートするとともに、出力光としての波長多重光についても概ね平行光にコリメートして出力ポート2-2, 2-4を通じて光ファイバ7-2, 7-4へ導く（出射する）ようになっている。

図2～図5は、偏光ビームスプリッタ3における機能とともに、偏光ビームスプリッタ3で分離された偏光成分についての、後述の回折格子4, レンズ5および偏光制御素子アレイ6間における光学的結合状態に着目して図示されたものである。

【0027】

なお、図2は偏光制御素子アレイ6をなす対応偏光制御素子6-1をOFFにしたときの、光ファイバ7-1からの入力光の光路を示した図であり、入力光は光ファイバ7-4へと出力される。又、図3は偏光制御素子アレイ6をなす対応偏光制御素子6-1をOFFにしたときの、光ファイバ7-3からの入力光の光路を示した図であり、入力光は光ファイバ7-2へと出力される。更に、図4は偏光制御素子アレイ6をなす対応偏光制御素子6-1をONにしたときの、光ファイバ7-1からの入力光の光路を示した図であり、入力光は光ファイバ7-2へと出力される。又、図5は偏光制御素子アレイ6をなす対応偏光制御素子6-1をONにしたときの、光ファイバ7-3からの入力光の光路を示した図であり、入力光は光ファイバ7-4へと出力される。

【0028】

偏光ビームスプリッタ3は、図2～図5に示すように、何れも断面形状が平行四辺形で四角柱状の例えばBK7、石英等からなる2個の光学ガラス材料3-1, 3-2の斜面間に誘電体多層膜3-3を挟んだ構造により構成することができるほか、グランレーザプリズム、ウォラストンプリズム、ローションプリズム等もこの目的で使用可能である。

そして、偏光ビームスプリッタ3は、ファイバコリメータ2からの2つの波長多重光を、入射位置および偏光方向に応じて出射位置を分離させて、2つの偏光成分（例えば、互いに直交する垂直偏光成分および水平偏光成分）に分離された波長多重光としてそれぞれ出射する偏光分離素子として機能するとともに、後述する偏光合成素子として機能する。これにより、入射光が、互いに直交した偏光成分に分離され、それぞれ異なるポートからの出射光となる。

【0029】

たとえば、偏光分離素子としての偏光ビームスプリッタ3は、図2（又は図4）に示すように、光ファイバ7-1からファイバコリメータ2を介して伝搬されてきた波長多重光IM#1について、垂直偏光成分IM#1(P)と水平偏光成分IM#1(H)とに分離して、互いに異なる出射位置（例えば、基板1面に対して概ね垂直方向に離れた2点）から回折格子4へ出射する。

【0030】

同様に、図3（又は図5）に示すように、光ファイバ7-3からファイバコリメータ2を介して伝搬されてきた波長多重光IM#2については、垂直偏光成分IM#2(P)と水平偏光成分IM#2(H)とを分離して、互いに異なる出射位置から回折格子4へ出射する。

さらに、回折格子4は、偏光分離素子としての偏光ビームスプリッタ3からの各波長多重光について、各波長成分に分波するための波長分波素子として機能するとともに、後述の波長合波素子として機能する。即ち、波長分波素子としての回折格子4は、偏光ビームスプリッタ3で偏光成分が分離された波長多重光のそれぞれ〔IM#1(P), IM#1

(H), IM#2(P), IM#2(H)] について、基板1面に対して概ね平行だが波長成分ごとに異なる出射角度でレンズ5側へ出射する。

【0031】

これにより、図2～図5に示すように、回折格子4からは、垂直偏光ビームIM#1(P)の波長分波光として基板1面に平行に広がりを持つビーム形状の垂直偏光ビームID#1(P)が出射される(図1のビームB1参照)。同様に、水平偏光ビームIM#1(H)の波長分波光として同様のビーム形状B3の水平偏光ビームID#1(H)(図1のビームB3参照)が、垂直偏光ビームIM#2(P)の波長分波光として同様のビーム形状の垂直偏光ビームID#2(P)(図1のビームB3参照)が、水平偏光ビームIM#2(H)の波長分波光として同様のビーム形状の水平偏光ビームID#2(H)(図1のビームB1参照)が、それぞれ出射される。

【0032】

また、レンズ5は、波長分波素子としての回折格子4にて分波された各波長分波光を概ね平行光にコリメートして、偏光制御素子アレイ6へ出射するための第1レンズとしての機能と、後述の第2レンズとしての機能を併せ持っている。

すなわち、図1に示すように、回折格子4にて波長成分ごとに異なる出射角度で出射された各波長分波光としてのビームB1, B3をコリメートして、各波長成分が(偏光分離成分ごとに)帯状に伝搬する帯状ビームB11, B13として出射するようになっている。

【0033】

さらに、偏光制御素子アレイ6は、例えば図6に示すように、レンズ5からの波長分波光に対応してアレイ状(この場合においては横一列)に偏光制御素子6-1が配置されて構成されている。即ち、偏光制御素子6-1は、光ファイバ7-1又は光ファイバ7-3からの波長多重光の波長種類に対応して、個々の波長分波光に一つが割り当てられて配列される。

【0034】

そして、各偏光制御素子6-1は、制御信号により各波長分波光の偏光方向を個別に90°切り替え可能なものであって、例えば、電気信号によるトリガ信号により磁界をオン/オフ制御することで伝搬する光の偏光方向を回転させる磁気光学素子により構成することができ、好ましくはファラデー回転子により構成することができる。

すなわち、偏光制御素子6-1に、磁気光学素子を用いることにより、数百マイクロ秒オーダーの切り替えが可能となり、更には自己保持型のファラデー回転子を用いる事で、必要な電力は切り替え時のみとなり、ミラー角度保持のために常時電力を供給する必要があったMEMSミラーを用いた波長選択スイッチの場合に比べ、装置運用のために要する電力を大幅に削減している。

【0035】

また、図7に示すように、各偏光制御素子6-1には、波長分波光についての出射光が入射端面から折り返されて出射されるように、レンズ5に対する反対側の面に反射膜6aが形成されている。更に、各々の偏光制御素子6-1の反射膜6aにおいては、対応する波長分波光の2つの偏光成分について、互いに異なる光路を通じて入射されるが、レンズ5の曲率およびレンズ5と偏光制御素子6-1との距離を調整することで、これら2つの偏光成分の反射光は、入射光と異なる光路で反射されて、偏光ビームスプリッタ3で偏光合成され出力側の光ファイバ7-2, 7-4へ通じるようになっている。

【0036】

換言すれば、第1実施形態においては、光ファイバ7-1, 7-3からの波長多重光について波長選択スイッチングを施した後の波長多重光を、光ファイバ7-1, 7-3とは異なる光ファイバ7-2, 7-4を通じて伝搬させるために、偏光制御素子6-1への入射光の光路と、偏光制御素子6-1からの出射光の光路とは、互いに異なっている。

なお、図1中、B12, B14はそれぞれ、帯状ビームB13, B11が反射して、入射光である帯状ビームB13, B11とは異なる光路で各波長成分が(偏光分離成分ごと

に) 帯状に伝搬する帯状ビームを示している。即ち、帯状ビーム B 1 3, B 1 1 の偏光制御素子 6-1 への入射角 0° 以外にする事で、入力ポート 2-1, 2-3 と出力ポート 2-2, 2-4 とを異なるものとしている。

【0037】

これにより、偏光制御素子 6-1 においては、レンズ 5 からの波長分波光の垂直偏光ビームまたは水平偏光ビームが入射されると、これらの垂直偏光ビームまたは水平偏光ビームを反射膜 6 a で上述のごとく反射するが、制御信号により各波長分波光の偏光方向を個別に切り替えて、垂直偏光ビームを水平偏光ビーム、水平偏光ビームを垂直偏光ビームとして反射光を出射することができるようになっている。

【0038】

この場合においては、制御信号により偏光回転角を 0° または 45° に可変可能なフラー回転子により偏光制御素子 6-1 を構成して、偏光制御素子 6-1、反射膜 6 a、偏光制御素子 6-1 と光が通過する際に、偏光制御素子 6-1 の入口、出口で偏光面の回転が 0° 又は 90° になるように構成する。

そして、偏光状態の切り替えを行なわない制御モードの偏光制御素子 6-1 では、ビーム B 1 1 をなす垂直偏光ビーム ID # 1 (P) を反射しビーム B 1 4 をなす垂直偏光ビーム RD # 1 (P) として出射するとともに、ビーム B 1 3 をなす水平偏光ビーム ID # 1 (H) を反射しビーム B 1 2 をなす水平偏光ビーム RD # 1 (H) として出射する (図 1, 2 参照)。同様に、ビーム B 1 3 をなす垂直偏光ビーム ID # 2 (P) を反射して反射されたビーム B 1 2 をなす垂直偏光ビーム RD # 2 (P) として出射するとともに、ビーム B 1 1 をなす水平偏光ビーム ID # 2 (H) を反射し反射されたビーム B 1 4 をなす水平偏光ビーム RD # 2 (H) として出射する (図 1, 3 参照)。

【0039】

また、偏光状態の切り替えを行なう制御モードの偏光制御素子 6-1 では、ビーム B 1 1 をなす垂直偏光ビーム ID # 1 (P) の偏光方向を回転させて反射し、ビーム B 1 4 をなす水平偏光ビーム RD # 1 (H) として入射角に応じた出射角で出射するとともに、ビーム B 1 3 をなす水平偏光ビーム ID # 1 (H) の偏光方向を回転させて反射し、ビーム B 1 2 をなす垂直偏光ビーム RD # 1 (P) として入射角に応じた出射角で出射する (図 4 参照)。同様に、ビーム B 1 3 をなす垂直偏光ビーム ID # 2 (P) の偏光方向を回転させて反射し、ビーム B 1 2 をなす水平偏光ビーム RD # 2 (H) として出射するとともに、ビーム B 1 1 をなす水平偏光ビーム ID # 2 (H) の偏光方向を回転させて反射し、ビーム B 1 4 をなす垂直偏光ビーム RD # 2 (P) として出射する (図 5 参照)。

【0040】

また、レンズ 5 は、第 1 レンズおよび第 2 レンズとしての機能を可逆素子として共用している。即ち、第 2 レンズとしてのレンズ 5 は、偏光制御素子アレイ 6 における各偏光制御素子 6-1 で反射された波長分波光としての互いに直交する 2 つの偏光成分を平行光とする一方、波長分波光として帯状に広がっているビームを集光するようになっている。

さらに、回折格子 4 は、波長分波素子と波長合波素子としての機能を、可逆素子として共用している。即ち、波長合波素子としての回折格子 4 は、レンズ 5 にて集光された各波長分波光を合波して、波長多重光として出射するようになっている。即ち、回折格子 4 は、レンズ 5 からの各波長分波光について同一の出射角度で出射することにより、波長分波光ごとの光路がまとめられて、偏光ビームスプリッタ 3 側へ出射する。このとき、波長分波光ごとの光路はまとめられているが、偏光状態については分離されたままである。

【0041】

具体的には、帯状ビーム B 1 4 が集光されたビーム B 4 をなす各波長分波光の偏光成分 [ビーム RD # 1 (P) 又は 90° 回転されたビーム RD # 1 (H) およびビーム RD # 2 (H) 又は 90° 回転されたビーム RD # 2 (P)] について波長多重して偏光ビームスプリッタ 3 へ出射し、帯状ビーム B 1 2 が集光されたビーム B 2 をなす各波長分波光の偏光成分 [ビーム RD # 1 (H) 又は 90° 回転されたビーム RD # 1 (P) およびビーム RD # 2 (P) 又は 90° 回転されたビーム RD # 2 (H)] について波長多重して偏

光ビームスプリッタ 3 へ出射する。

【0042】

また、偏光合成素子としての偏光ビームスプリッタ 3 は、回折格子 4 からの波長多重光について、当該偏光ビームスプリッタ 3 で分離されている偏光成分をもとの状態に偏光合成し、偏光制御素子 6-1 で偏光方向が切り替えられた波長成分ごとに出力先となる出力ポート 2-2, 2-4 を切り替えて出射する。

たとえば、偏光状態の切り替えを行なわない制御モードの偏光制御素子 6-1 から反射された波長成分については、入力される波長多重光を伝搬する光ファイバに依じて、光ファイバ 7-1 からの波長多重光をなす波長成分については、図 2 に示すように光ファイバ 7-4 へ通じる光路から出射するとともに、光ファイバ 7-3 からの波長多重光をなす波長成分については、図 3 に示すように光ファイバ 7-2 へ通じる光路から出射するようになっている。

【0043】

すなわち、図 2 に示すように、偏光ビームスプリッタ 3 では、偏光状態の切り替えを行なわない波長成分の垂直偏光成分 RM#1 (P) および水平偏光成分 RM#1 (H) を、上述の回折格子 4 への出射光 IM#1 (P), IM#1 (H) とは異なる入射位置で入射され、これらの反射光についてもとの状態に偏光合成して、波長多重光 RM#1 としてファイバ 7-4 への光路を通じてファイバコリメータ 2 へ出射する。

【0044】

同様に、図 3 に示すように、偏光ビームスプリッタ 3 では、偏光状態の切り替えを行なわない波長成分の垂直偏光成分 RM#2 (P) および水平偏光成分 RM#2 (H) を、上述の回折格子 4 への出射光 IM#2 (P), IM#2 (H) とは異なる入射位置で入射され、これらの反射光についてもとの状態に偏光合成して、波長多重光 RM#2 としてファイバ 7-2 への光路を通じてファイバコリメータ 2 へ出射する。

【0045】

また、偏光状態の切り替えを行なう制御モードの偏光制御素子 6-1 から反射された波長成分については、入力される波長多重光を伝搬する光ファイバに依じて、光ファイバ 7-1 からの波長多重光をなす波長成分については、図 4 に示すように光ファイバ 7-2 へ通じる光路から出射するとともに、光ファイバ 7-3 からの波長多重光をなす波長成分については、図 5 に示すように光ファイバ 7-4 へ通じる光路から出射するようになっている。

【0046】

すなわち、図 4 に示すように、偏光ビームスプリッタ 3 では、偏光状態の切り替えを行なう制御モードの偏光制御素子 6-1 から反射された垂直偏光成分 RM#1 (P) および水平偏光成分 RM#1 (H) を、上述の回折格子 4 への出射光 IM#1 (H), IM#1 (P) とは異なる入射位置で入射され、これらの反射光についてもとの状態に偏光合成して、波長多重光 RM#1 としてファイバ 7-2 への光路を通じてファイバコリメータ 2 へ出射する。

【0047】

さらに、図 5 に示すように、偏光ビームスプリッタ 3 では、偏光状態の切り替えを行なう制御モードの偏光制御素子 6-1 から反射された垂直偏光成分 RM#2 (P) および水平偏光成分 RM#2 (H) を、上述の回折格子 4 への出射光 IM#2 (H), IM#2 (P) とは異なる入射位置で入射され、これらの反射光についてもとの状態に偏光合成して、波長多重光 RM#2 としてファイバ 7-4 への光路を通じてファイバコリメータ 2 へ出射する。

【0048】

したがって、偏光ビームスプリッタ 3 においては、偏光制御素子 6-1 で偏光方向が回転された波長成分の光については、出力される光ファイバ 7-2, 7-4 へ通じる出力ポート 2-2, 2-4 が切り替えられて、偏光方向が回転していない波長成分の光とともに波長多重光として出射するようになっている。

これにより、上述の偏光ビームスプリッタ 3、回折格子 4 およびレンズ 5 により、2つの入力ポート 2-1, 2-3 からの入力側波長多重光について、2つの偏光成分にそれぞれ分離された波長分波光として平行なビーム方向で出射するための偏光分離・波長分波部材を構成するとともに、偏光制御素子アレイ 6 からの各波長分波光について、もとの偏光成分に合成された出力側波長多重光として、2つの出力ポート 2-2, 2-4 のいずれかに出射するための偏光合成・波長多重部材を構成する。

【0049】

上述の構成により、本発明の第 1 実施形態にかかる偏光制御型波長選択スイッチ 10 では、偏光制御素子アレイ 6 をなす個々の偏光制御素子 6-1 による各波長分波光の偏光方向の切り替えに従って、各入力ポート 2-1, 2-3 からの入力側波長多重光の波長成分ごとに出力先となる出力ポート 2-2, 2-4 が切り替えられることで、入力側波長多重光に対して波長成分が切り替えられた出力側波長多重光を出力する。これにより入射光の偏光状態に依存しない、フルクロスコネクト可能な偏光無依存型の波長選択スイッチを実現している。

【0050】

すなわち、光ファイバ 7-1, 7-3 から入力される波長多重光をなす波長成分のうちで、出力先方路を切り替えない（波長選択スイッチ 10 にて切り替えを行なわない）波長成分に対応する位置の偏光制御素子 6-1 を制御信号により OFF（偏光状態の切り替えを行なわないモード）としているので、例えば信号光 S02, S12 等の波長選択スイッチ 10 による切り替えを行なわない波長成分については、図 2, 図 3 に示されるように、反射する偏光制御素子 6-1 で偏光方向を回転させないようにして、光ファイバ 7-1 からの波長多重光をなす波長成分については出力ポート 2-4 を通じて光ファイバ 7-4 へ出射させ、光ファイバ 7-3 からの波長多重光をなす波長成分については出力ポート 2-2 を通じて光ファイバ 7-2 へ出射させる。

【0051】

なお、波長選択スイッチ 10 による出力先方路の切り替えがなされない場合、たとえば図 1 の信号光 S02, S12 はそれぞれ、光ファイバ 7-1, 7-3 より波長選択スイッチ 10 に入力し、光ファイバ 7-4, 7-2 に出力されるが、このときの対応偏光制御素子 6*i* は OFF、すなわち、「偏光状態の切り替えを行なわないモード」であり、その光路は図 2, 図 3 に示されている。

【0052】

換言すれば、偏光制御素子アレイ 6 において、波長 λ_2 の光に対応する偏光制御素子 6*i* を OFF にすることにより、信号光 S02 が光ファイバ 7-1 からポート 2-1 を通じて入力され、ポート 2-4 を通じて光ファイバ 7-4 に出力されると同時に、信号光 S12 が光ファイバ 7-3 からポート 2-3 を通じて入力され、ポート 2-2 を通じて光ファイバ 7-2 に出力される。

【0053】

また、光ファイバ 7-1, 7-3 から入力される波長多重光をなす波長成分のうちで、出力先方路を切り替える（波長選択スイッチ 10 にて切り替えを行なう）波長成分に対応する位置の偏光制御素子 6-1 については制御信号により ON（偏光状態の切り替えを行なうモード）としているので、例えば信号光 S01, S11 等の波長選択スイッチ 10 による切り替えを行なう波長成分については、図 4, 5 に示されるように、反射する偏光制御素子 6-1 で偏光方向を回転させるようにして、光ファイバ 7-1 からの波長多重光をなす波長成分については出力ポート 2-2 を通じて光ファイバ 7-2 へ出射させ、光ファイバ 7-3 からの波長多重光をなす波長成分については出力ポート 2-4 を通じて光ファイバ 7-4 へ出射させる。

【0054】

なお、波長選択スイッチ 10 による出力先方路の切り替えがなされる場合、たとえば図 1 の信号光 S01, S11 はそれぞれ、光ファイバ 7-1, 7-3 より波長選択スイッチ 10 に入力し、光ファイバ 7-2, 7-4 に出力されるが、このときの対応偏光制御素子

6-1はON、すなわち、「偏光状態の切り替えを行なうモード」であり、その光路は図4、図5に示されている。

【0055】

換言すれば、偏光制御素子アレイ6において、波長 λ_1 の光に対応する偏光制御素子6-1をONにすることにより、信号光S01が光ファイバ7-1からポート2-1を通じて入力され、ポート2-2を通じて光ファイバ7-2に出力されると同時に、信号光S11が光ファイバ7-3からポート2-3を通じて入力され、ポート2-4を通じて光ファイバ7-4に出力される。

【0056】

このようにして、第1実施形態にかかる偏光制御型波長選択スイッチ10においては、フル・クロスコネクトを実現している。

さらに、偏光制御素子6-1として磁気光学素子を適用しているので、波長切り替えの信号となる磁場状態の切り替え信号に対して、各偏光制御素子6-1では数百マイクロ秒オーダーで磁場の状態を切り替えることができ、波長選択スイッチ10としてのスイッチの応答速度を、MEMSミラーを用いた波長選択スイッチよりも大幅に速めている。又、自己保持型のファラデー回転子を偏光制御素子6-1として用いることで、磁場状態の切り替え時のみ信号が立ち上がるようなトリガ信号とすればよいので、スイッチ切り替え状態の保持のために要する電力は切り替え時だけで済むので、MEMSスイッチを用いた波長選択スイッチに比べて消費電力を大幅に削減している。

【0057】

このように、本発明の第1実施形態にかかる偏光制御型波長選択スイッチ10によれば、共用化された偏光分離・波長分波部材および偏光合成・波長多重部材2~5と、偏光制御素子アレイ6とをそなえ、偏光制御素子アレイをなす個々の偏光制御素子6-1による各波長分波光の偏光方向の切り替えに従って、各入力ポート2-1, 2-3からの入力側波長多重光の波長成分ごとに出力先となる出力ポート2-2, 2-4が切り替えられて、入力側波長多重光に対して波長成分が切り替えられた出力側波長多重光をそれぞれ出力することができるので、従来のMEMSミラーを用いた波長選択スイッチに比べて、簡素な構造と制御で、より高速に動作するとともに、スイッチ動作させるために要する消費電力を大幅に削減させながら、フル・クロスコネクトを行なうことができる利点がある。

【0058】

すなわち、2ポートからの同一波長の入力光を、同一のマイクロミラーユニットにより制御する図18の構成では、フル・クロスコネクトを実現することはできず、フル・クロスコネクトをMEMSで実現するには、マイクロミラーの2次元制御が必要となり、その構造や制御が複雑になるが、第1実施形態にかかる偏光制御型波長選択スイッチ10によれば、偏光制御素子アレイ6、回折格子5および偏光ビームスプリッタ3による簡素な構造により、各波長対応の偏光制御素子6-1の簡素なオンオフ制御のみで、フル・クロスコネクトを実現できるのである。

【0059】

また、本発明によれば、該偏光制御素子アレイ6をなす各偏光制御素子6-1を、各波長分波光についての出射光が入射端面から折り返されて出射されるように構成し、偏光分離・波長分波部材および偏光合成・波長多重部材としての機能を、偏光ビームスプリッタ3、回折格子4およびレンズ5により共用化させることができるので、上述ごとき利点に加え、装置を構成するための部品点数を削減させ、装置製造のためのコストを削減し、装置規模を大幅に縮小させることができる利点もある。

【0060】

さらに、2つの入力ポート2-1, 2-3に2本の入力用光ファイバ7-1, 7-3が、2つの出力ポート2-2, 2-4に2本の出力用光ファイバ7-2, 7-4が、それぞれ接続されているので、光サーキュレータを不要とするように構成することができ、装置製造のためのコストを更に削減させることができる。

〔b〕第2実施形態の説明

図9は本発明の第2実施形態にかかる偏光制御型波長選択スイッチ20を示す模式的斜視図で、この図9に示す偏光制御型波長選択スイッチ20は、前述の第1実施形態におけるもの（符号10参照）に比して、入力用の2本の光ファイバ17-1、17-3と出力用の2本の光ファイバ17-4、17-2とが、光サーキュレータ17a、17bを介してファイバコリメータ12に接続されている点が異なっている。

【0061】

また、光サーキュレータ17aは、入出力用の光ファイバ17-1、17-4間に介装されて、光ファイバ17-1からの入力側波長多重光は入力ポート12-1側へ伝搬させるとともに出力側波長多重光については入力側波長多重光の経路とは反対方向の光ファイバ17-4へ伝搬させるものである。

同様に、光サーキュレータ17bは、入出力用の光ファイバ17-3、17-2間に介装されて、光ファイバ17-3からの入力側波長多重光は入力ポート12-2側へ伝搬させるとともに出力側波長多重光については入力側波長多重光の経路とは反対方向の光ファイバ17-2へ伝搬させるものである。

【0062】

さらに、ファイバコリメータ12は、光ファイバ17-1、17-3からの波長多重光を導入するとともに、光ファイバ17-4、17-2へ出力すべき波長多重光を導くための入出力ポート12-1、12-2をそれぞれそなえている。換言すれば、前述の第1実施形態における2つの入力ポート2-1、2-3および2つの出力ポート2-2、2-4としての機能を、2つの入出力ポート12-1、12-2で共用化している。

【0063】

これにより、ファイバコリメータ12においては、光ファイバ17-1、17-3からの波長多重光をそれぞれ概ね平行光にコリメートするとともに、出力光としての波長多重光についても概ね平行光にコリメートして光ファイバ17-4、17-2へ出力するようになっている。

なお、図9に示す偏光制御型波長選択スイッチ20においても、光ファイバ17-1から入射される波長多重光の信号光S01～S03と、光ファイバ17-3から入射される波長多重光の信号光S11～S13について、S01とS11（波長 λ_1 ）、S02とS12（波長 λ_2 ）、S03とS13（波長 λ_3 ）はそれぞれ同じ波長の信号光であるものとする。

【0064】

また、この図9においては、偏光制御型波長選択スイッチ20により、波長 λ_2 の信号光S02、S12はそれぞれ光ファイバ17-1、17-3から光ファイバ17-4、17-2に伝送し、波長 λ_1 の信号光S01、S11はそれぞれ光ファイバ17-1、17-3から出力先方路を切り替えて光ファイバ17-2、17-4に、波長 λ_3 の信号光S03、S13も光ファイバ17-1、17-3からそれぞれ出力先方路を切り替えて光ファイバ17-2、17-4に、伝送する場合を示している。

【0065】

また、前述の第1実施形態の場合と同様、偏光ビームスプリッタ13、回折格子14およびレンズ15は、偏光分離・波長分波部材としての機能とともに偏光合成・波長多重部材としての機能についても併せ持っているが、前述の第1実施形態の場合と異なり、レンズ15は、後段の偏光制御素子アレイ16をなす各偏光制御素子に向けた波長分波光の2つの偏光成分を、それぞれの反射膜において同一光路で反射させるような角度で出射するようになっている。

【0066】

また、偏光制御素子アレイ16についても前述の第1実施形態におけるもの（符号6参照）と同様に、アレイ状に配列された複数の偏光制御素子16-1（符号6-1参照）をそなえるとともに、各偏光制御素子には第1実施形態の場合と反射膜（符号6a参照）が形成されている。

すなわち、偏光制御素子アレイ16をなす各偏光制御素子16-1は、レンズ15から

の波長分波光の垂直偏光ビームまたは水平偏光ビームが入射されると、これらの垂直偏光ビームまたは水平偏光ビームを反射膜で上述のごとく同一光路で反射するが、前述の第1実施形態の場合と同様に、制御信号により各波長分波光の偏光方向を個別に 90° 回転するように切り替えて、垂直偏光ビームを水平偏光ビーム、水平偏光ビームを垂直偏光ビームとして反射光を出射することができるようになっている。

【0067】

なお、偏光制御素子16-1は、前述の第1実施形態におけるものと同様に、磁気光学素子により構成され、好ましくは反射型のファラデー回転子により構成することができる。この場合においては、制御信号により偏光回転角を 0° または 45° に可変可能なファラデー回転子により偏光制御素子を構成して、偏光制御素子、反射膜、偏光制御素子と光が通過する際に、偏光制御素子16-1の入口、出口で偏光面の回転が 0° 又は 90° になるように構成する。

【0068】

また、レンズ15は、前述の第1実施形態におけるもの（符号5参照）と同様、第1レンズおよび第2レンズとしての機能を可逆素子として併せ持つ。即ち、各偏光制御素子16-1で反射された波長分波光の垂直偏光ビームおよび水平偏光ビームは、入射光の光路と同一光路で入射されるが、前述の第1実施形態の場合と同様に、2つの偏光成分にビームが分かれた各波長分波光を集光して回折格子14へ出射する。

【0069】

回折格子14においても、前述の第1実施形態におけるもの（符号4参照）と同様、波長分波素子および波長合波素子としての機能を可逆素子として併せ持つ。即ち、偏光ビームスプリッタ13からの偏光成分が分離された波長多重光を波長分波するとともに、レンズ15からの偏光成分が分離された波長分波光を波長多重して偏光ビームスプリッタ13へ出射する。

【0070】

さらに、偏光ビームスプリッタ13は、前述の第1実施形態におけるもの（符号3参照）と同様の構造を有し、偏光分離素子および偏光合成素子としての機能を可逆素子として併せ持つ。即ち、ファイバコリメータ12の2つのポート12-1、12-2を通じて入力された波長多重光のそれぞれを、垂直偏光成分のビームおよび水平偏光成分のビームに偏光分離して出射するとともに、回折格子14からの偏光成分が分離された波長多重光についてもとの状態に偏光合成し、偏光制御素子16-1で偏光方向が切り替えられた波長成分ごとに出力先となるポート12-1、12-2を切り替えて出射する。

【0071】

換言すれば、光ファイバ17-1、17-3からポート12-1、12-2を通じてそれぞれ入力される波長多重光について、波長多重光をなす波長成分ごとに出力先となる光ファイバ17-4、17-2を切り替える場合には、該当する波長成分をなす波長分波光が入射される偏光制御素子16-1を、入射される波長分波光の各偏光成分について偏光方向を 90° 回転させるように制御する。これにより、偏光ビームスプリッタ13では偏光方向が 90° 回転された（切り替えられた）波長成分ごとに出力先となるポート12-1、12-2を切り替えることができるのである。

【0072】

上述の構成により、本発明の第2実施形態にかかる偏光制御型波長選択スイッチ20の動作を、図10～図13を参照しながら以下に説明する。

図10～図13は、偏光ビームスプリッタ13における機能とともに、偏光ビームスプリッタ13で分離された偏光成分についての、回折格子14、レンズ15および偏光制御素子アレイ16間における光学的結合状態に着目して図示されたものである。

【0073】

なお、図10は偏光制御素子アレイ16をなす対応偏光制御素子16-1をOFFにしたときの、光ファイバ17-1からの入力光の光路を示した図であり、図11はその反射光の光路を示した図である。更に、図12は偏光制御素子アレイ16をなす対応偏光制御

素子16-1をONにしたときの、光ファイバ17-1からの入力光の光路を示した図であり、図13はその反射光の光路を示した図である。

【0074】

たとえば、偏光ビームスプリッタ13では、図10（又は図12）に示すように、光ファイバ17-1からファイバコリメータ12を介して伝搬されてきた波長多重光IM#1について、垂直偏光成分IM#1（P）と水平偏光成分IM#1（H）とに分離して、互いに異なる出射位置（例えば、基板1面に対して概ね垂直方向に離れた2点）から回折格子14へ出射する。

【0075】

なお、偏光ビームスプリッタ13では、光ファイバ17-3からファイバコリメータ12を介して伝搬されてきた波長多重光についても水平偏光成分と垂直偏光成分とに偏光分離して、上述の光ファイバ17-1からの波長多重光についての垂直偏光成分とほぼ同一の光路を通じて水平偏光成分を出射するとともに、光ファイバ17-1からの波長多重光についての水平偏光成分とほぼ同一の光路を通じて垂直偏光成分を出射する。

【0076】

さらに、回折格子14では、偏光ビームスプリッタ13で偏光成分が分離された波長多重光〔IM#1（P）、IM#1（H）〕について、基板1面に対して概ね平行だが波長成分ごとに異なる出射角度でレンズ15側へ出射することにより波長分波する。光ファイバ17-2からの波長多重光の偏光分離成分についても、同様に波長分波された光をレンズ15側へ出射する。

【0077】

これにより、図10、図12に示すように、回折格子14からは、垂直偏光ビームIM#1（P）の波長分波光として基板1面に平行に広がりを持つビーム形状の垂直偏光ビームID#1（P）が出射される（図9のビームB1'参照）。同様に、水平偏光ビームIM#1（H）の波長分波光として同様のビーム形状の水平偏光ビームID#1（H）（図9のビームB2'参照）が出射される。

【0078】

また、レンズ15では、回折格子14にて波長成分ごとに異なる出射角度で出射された各波長分波光としてのビームB1'、B2'をコリメートして、各波長成分が（偏光分離成分ごとに）带状に平行伝搬する带状ビームB11'、B12'として出射される。

さらに、偏光制御素子アレイ16では、レンズ15からの（偏光成分が分離された）波長分波光を入射されて、制御信号により偏光分離成分の偏光方向を、各波長分波光の波長成分ごとに個別に切り替える。

【0079】

この場合においては、偏光状態の切り替えを行なわない場合には、ビームB11'をなす垂直偏光ビームID#1（P）を、偏光状態を回転させずに反射してビームB11'をなす垂直偏光ビームRD#1（P）として出射するとともに、ビームB12'をなす水平偏光ビームID#1（H）を、偏光状態を回転させずに反射してビームB12'をなす水平偏光ビームRD#1（H）として出射する（図9、11参照）。光ファイバ17-4からの波長分波光についても同様に反射する。

【0080】

また、偏光状態の切り替えを行なう場合には、ビームB11'をなす垂直偏光ビームID#1（P）を、偏光方向を回転させて反射してビームB11'をなす水平偏光ビームRD#1（H）として出射するとともに、ビームB12'をなす水平偏光ビームID#1（H）を、偏光方向を回転させて反射してビームB12'をなす垂直偏光ビームRD#1（P）として出射する（図9、13参照）。光ファイバ17-4からの波長分波光についても同様に偏光方向を回転させて反射する。

【0081】

そして、回折格子14では、带状ビームB11'がレンズ15で集光されたビームB1'をなす各波長分波光の偏光成分〔ビームRD#1（P）又は90°回転されたビームR

D#1 (H)] について波長多重して偏光ビームスプリッタ13へ出射し、帯状ビームB12' がレンズ15で集光されたビームB2' をなす各波長分波光の偏光成分〔ビームRD#1 (H) 又は90°回転されたビームRD#1 (P)〕について波長多重して偏光ビームスプリッタ13へ出射する。

【0082】

偏光ビームスプリッタ13では、図11に示すように、偏光状態の切り替えが行なわれていない波長成分の垂直偏光成分RM#1 (P) および水平偏光成分RM#1 (H) を、上述の回折格子14への出射光IM#1 (P), IM#1 (H) とは同一入射位置で入射され、これらの反射光についてもとの状態に偏光合成して、波長多重光RM#1としてポート12-1を通じて光ファイバ17-4へ出射する。光ファイバ17-3からの波長多重光をなす波長成分のうちで、偏光状態の切り替えが行なわれていない波長成分についても、上述の場合と同様に偏光合成してポート12-2を通じて光ファイバ17-2へ出力する。

【0083】

なお、波長選択スイッチ20による出力先方路の切り替えがなされない場合、たとえば図9の信号光S02, S12はそれぞれ、光ファイバ17-1, 17-3より波長選択スイッチ20に入力し、光ファイバ17-4, 17-2に出力されるが、このときの対応偏光制御素子16iはOFF、すなわち、「偏光状態の切り替えを行なわないモード」である(図10, 図11参照)。

【0084】

換言すれば、偏光制御素子アレイ16において、波長 λ_2 の光に対応する偏光制御素子16iをOFFにすることにより、信号光S02が光ファイバ17-1からポート12-1を通じて入力され、ポート12-1を通じて光ファイバ17-4に出力されると同時に、信号光S12が光ファイバ17-3からポート12-2を通じて入力され、ポート12-2を通じて光ファイバ17-2に出力される。

【0085】

また、偏光ビームスプリッタ13では、図13に示すように、偏光状態の切り替えが行なわれた波長成分における水平偏光成分RM#1 (H) および垂直偏光成分RM#1 (P) を入射されて、これらの反射光をもとの状態に偏光合成して、出力先が切り替えられた波長多重光RM#2として光ファイバ17-2へ通じる出力ポート12-2へ出射される。光ファイバ17-3からの波長多重光をなす波長成分のうちで、偏光状態の切り替えが行なわれた波長成分についても、上述の場合と同様に偏光合成して、出力先が切り替えられた波長多重光RM#1としてポート12-1を通じて光ファイバ17-4へ出力する。

【0086】

なお、波長選択スイッチ20による出力先方路の切り替えがなされる場合、たとえば図1の信号光S01, S11はそれぞれ、光ファイバ17-1, 17-3より波長選択スイッチ20に入力し、光ファイバ17-2, 17-4に出力されるが、このときの対応偏光制御素子16-1はON、すなわち、「偏光状態の切り替えを行なうモード」である(図12, 図13参照)。

【0087】

換言すれば、偏光制御素子アレイ16において、波長 λ_1 の光に対応する偏光制御素子16-1をONにすることにより、信号光S01が光ファイバ17-1からポート12-1を通じて入力され、ポート12-2を通じて光ファイバ17-2に出力されると同時に、信号光S11が光ファイバ17-3からポート12-2を通じて入力され、ポート12-1を通じて光ファイバ17-4に出力される。

【0088】

このようにして、第2実施形態にかかる偏光制御型波長選択スイッチ20においても、フル・クロスコネクトを実現している。

このように、本発明の第2実施形態にかかる偏光制御型波長選択スイッチ20においても、共用化された偏光分離・波長分波部材および偏光合成・波長多重部材12~15と、

偏光制御素子アレイ 16 とをそなえ、偏光制御素子アレイをなす個々の偏光制御素子による各波長分波光の偏光方向の切り替えに従って、各入力ポート 12-1, 12-2 からの入力側波長多重光の波長成分ごとに出力先となる出力ポート 12-1, 12-2 が切り替えられて、入力側波長多重光に対して波長成分が切り替えられた出力側波長多重光としてそれぞれ出力することができるので、前述の第 1 実施形態の場合と同様に、従来の MEMS ミラーを用いた波長選択スイッチに比べて、簡素な構造と制御で、より高速に動作するとともに、スイッチ動作させるために要する消費電力を大幅に削減させながら、フル・クロスコネクトを行なうことができる利点がある。

【0089】

また、本発明によれば、偏光制御素子アレイ 16 をなす各偏光制御素子を、各波長分波光についての出射光が入射端面から折り返されて出射されるように構成し、偏光分離・波長分波部材および偏光合成・波長多重部材としての機能を、偏光ビームスプリッタ 13, 回折格子 14 およびレンズ 15 により共用化させることができるので、装置を構成するための部品点数を削減させ、装置製造のためのコストを削減し、装置規模を大幅に縮小させることができる利点もある。

【0090】

〔c〕第 3 実施形態の説明

図 14, 図 19 は本発明の第 3 実施形態を示す図で、図 14 は第 3 実施形態にかかる偏光制御型波長選択スイッチ 30 を示す模式的上視図で、図 19 は第 3 実施形態にかかる偏光制御型波長選択スイッチ 30 を示す模式的斜視図である。この図 14 又は図 19 に示すように、第 3 実施形態にかかる偏光制御型波長選択スイッチ 30 は、前述の第 1 実施形態におけるものに比して、偏光制御素子アレイ 61 をなす偏光制御素子 61-1 を透過型の素子により構成するとともに、偏光分離・波長分波部材および偏光合成・波長多重部材としての機能を、それぞれ別々の素子で構成している点が異なっている。尚、図 14, 図 19 中、図 1 と同一の符号は同様の部分を示している。

【0091】

すなわち、前述の図 1 に示すファイバコリメータ 2 としての機能を 2 つのファイバコリメータ 21, 22 で実現し、偏光ビームスプリッタ 3 としての機能を 2 つの偏光ビームスプリッタ 31, 32 で実現し、回折格子 4 としての機能を 2 つの回折格子 41, 42 で実現し、レンズ 5 としての機能を 2 つのレンズ 51, 52 で実現している。

ここで、ファイバコリメータ 21 は、図 19 に示すように、入力用の 2 本の光ファイバ 7-1, 7-3 からの波長多重光を導入するための入力ポート 21-1, 21-3 をそなえ、入力ポート 21-1, 21-3 からの波長多重光をそれぞれ概ね平行光にコリメートする第 1 コリメータとして機能するものである。

【0092】

また、偏光ビームスプリッタ 31 は、ファイバコリメータ 21 からの各波長多重光を、入射位置および偏光方向に応じて出射位置を分離させて、2 つの偏光成分に分離された波長多重光としてそれぞれ出射するための偏光分離素子として機能し、回折格子 41 は、偏光ビームスプリッタ 31 からの各波長多重光について、各波長成分に分波するための波長分波素子として機能する。

【0093】

さらに、レンズ 51 は、回折格子 41 にて分波された各波長分波光を概ね平行光にコリメートして、偏光制御素子アレイ 61 へ出射するための第 1 レンズとして機能する。従って、上述のファイバコリメータ 21, 偏光ビームスプリッタ 31, 回折格子 41 およびレンズ 51 により、偏光分離・波長分波部材を構成する。

偏光制御素子アレイ 61 は、レンズ 51 からの各波長分波光について、制御信号により偏光成分の偏光方向が切り替え可能な偏光制御素子 61-1 がアレイ状に配列されてなるもので、この偏光制御素子 61-1 としては、前述の各実施形態の場合と同様、磁気光学素子により構成することができ、好ましくはファラデー回転子により構成することができる。この場合においては、偏光制御素子 61-1 は偏光回転角 $0^{\circ} \sim 90^{\circ}$ の可変ファラ

デー回転子により構成する。

【0094】

さらに、レンズ52は、偏光制御素子アレイ61からの各波長分波光を集光するための第2レンズとして機能し、回折格子42は、レンズ52にて集光された各波長分波光を合波して、波長多重光として出射するための波長合波素子として機能する。

また、偏光ビームスプリッタ32は、偏光ビームスプリッタ31で分離されている偏光成分をもとの状態に偏光合成し、偏光制御素子アレイ61で偏光方向が切り替えられた波長成分ごとに出力先となる出力ポート22-2, 22-4を切り替えて出射する偏光合成素子として機能する。

【0095】

ファイバコリメータ22は、図19に示すように、出力側の光ファイバ7-2, 7-4に接続される出力ポート22-2, 22-4をそれぞれそなえられ、偏光ビームスプリッタ32から出射される2つの波長多重光を概ね平行光にコリメートし、それぞれの出力ポートへ出射する第2コリメータとして機能する。

したがって、上述のレンズ52, 回折格子42, 偏光ビームスプリッタ32およびファイバコリメータ22により、偏光合成・波長多重部材を構成する。

【0096】

なお、図14, 図19に示す偏光制御型波長選択スイッチ30においても、光ファイバ7-1から入射される波長多重光の信号光S01~S03と、光ファイバ7-3から入射される波長多重光の信号光S11~S13について、S01とS11(波長 λ_1)、S02とS12(波長 λ_2)、S03とS13(波長 λ_3)はそれぞれ同じ波長の信号光であるものとする。

【0097】

また、この図14, 図19においても、偏光制御型波長選択スイッチ30により、波長 λ_2 の信号光S02, S12はそれぞれ光ファイバ7-1, 7-3から光ファイバ7-4, 7-2に伝送し、波長 λ_1 の信号光S01, S11はそれぞれ光ファイバ7-1, 7-3から出力先方路を切り替えて光ファイバ7-2, 7-4に、波長 λ_3 の信号光S03, S13も光ファイバ7-1, 7-3からそれぞれ出力先方路を切り替えて光ファイバ7-2, 7-4に、伝送する場合を示している。

【0098】

上述の構成により、本発明の第3実施形態にかかる偏光制御型波長選択スイッチ30においては、たとえば、図15に示すように、光ファイバ7-1からの波長多重光をなす波長成分のうちで、出力先を切り替えずに光ファイバ7-4から出力する波長成分に対しては、対応する偏光制御素子61-1を偏光方向が回転しないように制御する。

なお、波長選択スイッチ30による出力先方路の切り替えがなされない場合、たとえば図19の信号光S02, S12はそれぞれ、光ファイバ7-1, 7-3より波長選択スイッチ30に入力し、光ファイバ7-4, 7-2に出力されるが、このときの対応偏光制御素子61iはOFF、すなわち、「偏光状態の切り替えを行なわないモード」である(図15参照)。

【0099】

換言すれば、偏光制御素子アレイ61において、波長 λ_2 の光に対応する偏光制御素子61iをOFFにすることにより、信号光S02が光ファイバ7-1からポート21-1を通じて入力され、ポート22-4を通じて光ファイバ7-4に出力されると同時に、信号光S12が光ファイバ7-3からポート21-3を通じて入力され、ポート22-2を通じて光ファイバ7-2に出力される。

【0100】

また、図16に示すように、光ファイバ7-1からの波長多重光をなす波長成分のうちで、出力先を切り替えて光ファイバ7-2から出力する波長成分に対しては、対応する偏光制御素子61-1を偏光方向が90°回転するように制御する。

なお、波長選択スイッチ30による出力先方路の切り替えがなされる場合、たとえば図

19の信号光S01, S11はそれぞれ、光ファイバ7-1, 7-3より波長選択スイッチ30に入力し、光ファイバ7-2, 7-4に出力されるが、このときの対応偏光制御素子61-1はON、すなわち、「偏光状態の切り替えを行なうモード」である(図16参照)。

【0101】

換言すれば、偏光制御素子アレイ61において、波長 λ_1 の光に対応する偏光制御素子61-1をONにすることにより、信号光S01が光ファイバ7-1からポート21-1を通じて入力され、ポート22-2を通じて光ファイバ7-2に出力されると同時に、信号光S11が光ファイバ7-3からポート21-3を通じて入力され、ポート22-4を通じて光ファイバ7-4に出力される。

【0102】

このようにして、第3実施形態にかかる偏光制御型波長選択スイッチ30においても、フル・クロスコネクトを実現している。

これにより、偏光制御素子アレイ61をなす個々の偏光制御素子61-1による各波長分波光の偏光方向の切り替えに従って、各入力ポート21-1, 21-3からの入力側波長多重光の波長成分ごとに出力先となる出力ポート22-2, 22-4が切り替えられることで、入力側波長多重光に対して波長成分が切り替えられた出力側波長多重光を出力する。これにより入射光の偏光状態に依存しない、フルクロスコネクト可能な偏光無依存型の波長選択スイッチを実現している。

【0103】

このように、本発明の第3実施形態にかかる偏光制御型波長選択スイッチ30においても、偏光分離・波長分波部材21~51および偏光合成・波長多重部材22~52と、偏光制御素子アレイ61とをそなえ、偏光制御素子アレイをなす個々の偏光制御素子61-1による各波長分波光の偏光方向の切り替えに従って、各入力ポート21-1, 21-3からの入力側波長多重光の波長成分ごとに出力先となる出力ポート22-2, 22-4が切り替えられて、入力側波長多重光に対して波長成分が切り替えられた出力側波長多重光をそれぞれ出力することができるので、前述の第1実施形態の場合と同様、従来のMEMSミラーを用いた波長選択スイッチに比べて、簡素な構造と制御で、より高速に動作するとともに、スイッチ動作させるために要する消費電力を大幅に削減させながら、フル・クロスコネクトを行なうことができる利点がある。

【0104】

〔d〕その他

なお、上述した実施形態に関わらず、本発明の趣旨を逸脱しない範囲で種々変形して実施することができる。

たとえば、上述の各実施形態においては、第1コリメータ又は第2コリメータとしてファイバコリメータを用いているが、本発明によればこれに限定されず、例えばコリメーティングレンズ等を用いて構成することもできる。

【0105】

また、上述の第1実施形態又は第2実施形態においては、反射型の偏光制御素子アレイ6, 16をなす偏光制御素子として、 $0^\circ \sim 45^\circ$ (往復で $0^\circ \sim 90^\circ$)の偏光回転可能な可変ファラデー回転子を用いているが、本発明によればこれに限定されず、例えば図17に示すように、第1実施形態にかかる偏光制御型波長選択スイッチ10における偏光制御素子アレイ6に換えて、偏光回転角 $-22.5^\circ \sim 22.5^\circ$ (往復で $-45^\circ \sim 45^\circ$)の可変ファラデー回転子6-2がアレイ状に配列された偏光制御素子アレイ6'をそなえ、更に、偏光ビームスプリッタ3と回折格子4との間の偏光制御素子からの反射光が通過する部分に $\lambda/2$ 波長板8を介装して、これらの偏光制御素子アレイ6'および $\lambda/2$ 波長板8が協働することにより、波長スイッチングのために偏光方向を切り替えるようにしてもよい。

【0106】

すなわち、波長多重光をなす波長成分のうちで、出力先を切り替えない波長成分に対し

ては、可変ファラデー回転子 6-2 における偏光回転角を -22.5° に設定することにより、可変ファラデー回転子 6-2、反射部分、可変ファラデー回転子 6-2 と光が通過する際に、可変ファラデー回転子 6-2 の入口、出口で偏光面の回転が -45° となるように構成する。これにより、 $\lambda/2$ 波長板 8 を通過することによって偏光回転する分 (45°) と合わせて、偏光ビームスプリッタ 3 に反射される各偏光分離成分の偏光状態をそのままの状態としている。

【0107】

また、波長多重光をなす波長成分のうちで、出力先を切り替える波長成分に対しては、可変ファラデー回転子 6-2 における偏光回転角を 22.5° に設定することにより、可変ファラデー回転子 6-2、反射部分、可変ファラデー回転子 6-2 と光が通過する際に、可変ファラデー回転子 6-2 の入口、出口で偏光面の回転が 45° となるように構成する。これにより、 $\lambda/2$ 波長板 8 を通過することによって偏光回転する分 (45°) と合わせて、偏光ビームスプリッタ 3 に反射される各偏光分離成分の偏光状態を 90° 回転させた状態としている。

【0108】

このほか、上述の図 17 に示す $\lambda/2$ 波長板 8 の位置に介装された偏光回転角 22.5° の固定ファラデー回転子と、可変ファラデー回転子 6-2 に換えて、偏光回転角 $-22.5^\circ \sim 22.5^\circ$ (往復で $-45^\circ \sim 45^\circ$) の可変ファラデー回転子とを組み合わせることも考えられる。

さらに、上述の第 3 実施形態においては、偏光制御素子アレイ 61 をなす偏光制御素子 61-1 として、 $0^\circ \sim 90^\circ$ の偏光回転可能な可変ファラデー回転子を用いているが、本発明によればこれに限定されず、例えば偏光制御素子 61-1 に換えて、偏光回転角 $-45^\circ \sim 45^\circ$ の可変ファラデー回転子をそなえとともに、偏光ビームスプリッタ 31 と回折格子 41 との間、もしくは回折格子 42 と偏光ビームスプリッタ 32 との間に、 $\lambda/2$ 波長板 (または 45° の固定ファラデー回転子) を介装させて、これらの偏光回転角 $-45^\circ \sim 45^\circ$ の可変ファラデー回転子および $\lambda/2$ 波長板で協働して $0^\circ \sim 90^\circ$ の偏光回転制御を行なうようにすることも考えられる。

【0109】

また、上述の各実施形態においては、波長分波素子および波長合波素子として、回折格子を用いているが、本発明によればこれに限定されず、バーチャリ・イメージド・フェーズド・アレイにより構成することとしてもよい。

さらに、上述の各実施形態において第 1 レンズおよび第 2 レンズとして用いられるレンズとしては、複数のレンズにより構成したり、単一のレンズで構成したりすることが可能である。

【0110】

また、本発明の各実施形態が開示されていれば、当業者によって製造することが可能である。

〔e〕付記

(付記 1) 2つの入力ポートからの入力側波長多重光について、2つの偏光成分にそれぞれ分離された波長分波光として平行なビーム方向で出射するための偏光分離・波長分波部材と、

該偏光分離・波長分波部材からの各波長分波光について、制御信号により前記偏光成分の偏光方向が切り替え可能な偏光制御素子が、アレイ状に配置される偏光制御素子アレイと、

該偏光制御素子アレイからの各波長分波光について、もとの偏光成分に合成された出力側波長多重光として、2つの出力ポートのいずれかに出射するための偏光合成・波長多重部材と、をそなえ、

該偏光制御素子アレイをなす個々の偏光制御素子による各波長分波光の偏光方向の切り替えに従って、上記各入力ポートからの入力側波長多重光の波長成分ごとに出力先となる出力ポートが切り替えられて、入力側波長多重光に対して波長成分が切り替えられた出力

側波長多重光をそれぞれ出力するように、該偏光合成・波長合波部材が構成されたことを特徴とする、偏光制御型波長選択スイッチ。

【0111】

(付記2) 該偏光分離・波長分波部材が、
該2つの入力ポートからの波長多重光を、それぞれ概ね平行光にコリメートするための第1コリメータと、
該第1コリメータからの各波長多重光を、入射位置および偏光方向に応じて出射位置を分離させて、2つの偏光成分に分離された波長多重光としてそれぞれ出射するための偏光分離素子と、
該偏光分離素子からの各波長多重光について、各波長成分に分波するための波長分波素子と、
該波長分波素子にて分波された各波長分波光を概ね平行光にコリメートして、該偏光制御素子アレイへ出射するための第1レンズと、をそなえとともに、
該偏光合成・波長合波部材が、
該偏光制御素子アレイからの各波長分波光を集光するための第2レンズと、
該第2レンズにて集光された各波長分波光を合波して、波長多重光として出射するための波長合波素子と、
該偏光分離素子で分離されている偏光成分をもとの状態に偏光合成し、該偏光制御素子アレイで偏光方向が切り替えられた波長成分ごとに出力先となる出力ポートを切り替えて出射する偏光合成素子と、
該偏光合成素子から出射される2つの波長多重光を概ね平行光にコリメートし、それぞれの出力ポートへ出射する第2コリメータと、
をそなえて構成されたことを特徴とする、付記1記載の偏光制御型波長選択スイッチ。

【0112】

(付記3) 該偏光制御素子アレイをなす各偏光制御素子が、各波長分波光についての出射光が入射端面から折り返されて出射されるように構成され、
上記の第1レンズおよび第2レンズ、波長分波素子および波長合波素子、偏光分離素子および偏光合成素子、並びに第1コリメータおよび第2コリメータが、可逆素子として共用化されていることを特徴とする、付記2記載の偏光制御型波長選択スイッチ。

【0113】

(付記4) 上記の2つの入力ポートに2本の入力用光ファイバが、2つの出力ポートに2本の出力用光ファイバが、それぞれ接続されていることを特徴とする、付記1～3のいずれか1項記載の偏光制御型波長選択スイッチ。

(付記5) 上記の2つの入力ポートおよび2つの出力ポートが、2つの入出力ポートとして共用化され、該2つの入出力ポートに2本の入出力用の光ファイバが接続されるとともに、

該2本の入出力用の光ファイバには、上記入力側波長多重光は上記入力ポート側へ伝搬させるとともに上記出力側波長多重光については上記入力側波長多重光の経路とは反対方向へ伝搬させる光サーキュレータが、それぞれ介装されたことを特徴とする、付記3記載の偏光制御型波長選択スイッチ。

【0114】

(付記6) 上記の偏光制御素子アレイをなす偏光制御素子が、磁気光学素子により構成されたことを特徴とする、付記1～5のいずれか1項記載の偏光制御型波長選択スイッチ。

(付記7) 上記の偏光分離素子と波長分波素子との間又は上記の波長合波素子と偏光合成素子との間に、波長板が介装されたことを特徴とする、付記2～6のいずれか1項記載の偏光制御型波長選択スイッチ。

【0115】

(付記8) 上記の波長分波素子および波長合波素子が、回折格子により構成されたことを特徴とする、付記1～7のいずれか1項記載の偏光制御型波長選択スイッチ。

(付記 9) 上記の波長分波素子および波長合波素子が、バーチャリ・イメージド・フェーズド・アレイにより構成されたことを特徴とする、付記 1～7 のいずれか 1 項記載の偏光制御型波長選択スイッチ。

【図面の簡単な説明】

【0116】

【図 1】本発明の第 1 実施形態にかかる偏光制御型波長選択スイッチを示す模式的斜視図である。

【図 2】本発明の第 1 実施形態にかかる偏光制御型波長選択スイッチの要部を示す図である。

【図 3】本発明の第 1 実施形態にかかる偏光制御型波長選択スイッチの要部を示す図である。

【図 4】本発明の第 1 実施形態にかかる偏光制御型波長選択スイッチの要部を示す図である。

【図 5】本発明の第 1 実施形態にかかる偏光制御型波長選択スイッチの要部を示す図である。

【図 6】本発明の第 1 実施形態にかかる偏光制御型波長選択スイッチの要部を示す図である。

【図 7】本発明の第 1 実施形態にかかる偏光制御型波長選択スイッチの要部を示す図である。

【図 8】第 1 実施形態にかかる偏光制御型波長選択スイッチの構成要素の配置関係に着目した上視図である。

【図 9】本発明の第 2 実施形態にかかる偏光制御型波長選択スイッチを示す模式的斜視図である。

【図 10】本発明の第 2 実施形態にかかる偏光制御型波長選択スイッチの動作を説明するための図である。

【図 11】本発明の第 2 実施形態にかかる偏光制御型波長選択スイッチの動作を説明するための図である。

【図 12】本発明の第 2 実施形態にかかる偏光制御型波長選択スイッチの動作を説明するための図である。

【図 13】本発明の第 2 実施形態にかかる偏光制御型波長選択スイッチの動作を説明するための図である。

【図 14】本発明の第 3 実施形態にかかる偏光制御型波長選択スイッチを示す模式的上視図である。

【図 15】本発明の第 3 実施形態にかかる偏光制御型波長選択スイッチの動作を説明するための図である。

【図 16】本発明の第 3 実施形態にかかる偏光制御型波長選択スイッチの動作を説明するための図である。

【図 17】本実施形態にかかる偏光制御型波長選択スイッチの変形例を示す図である。

【図 18】従来例を示す図である。

【図 19】本発明の第 3 実施形態にかかる偏光制御型波長選択スイッチを示す模式的斜視図である。

【符号の説明】

【0117】

1 基板

2, 12, 21, 22 ファイバコリメータ

2-1～2-4, 12-1, 12-2, 21-1, 21-3, 22-2, 22-4

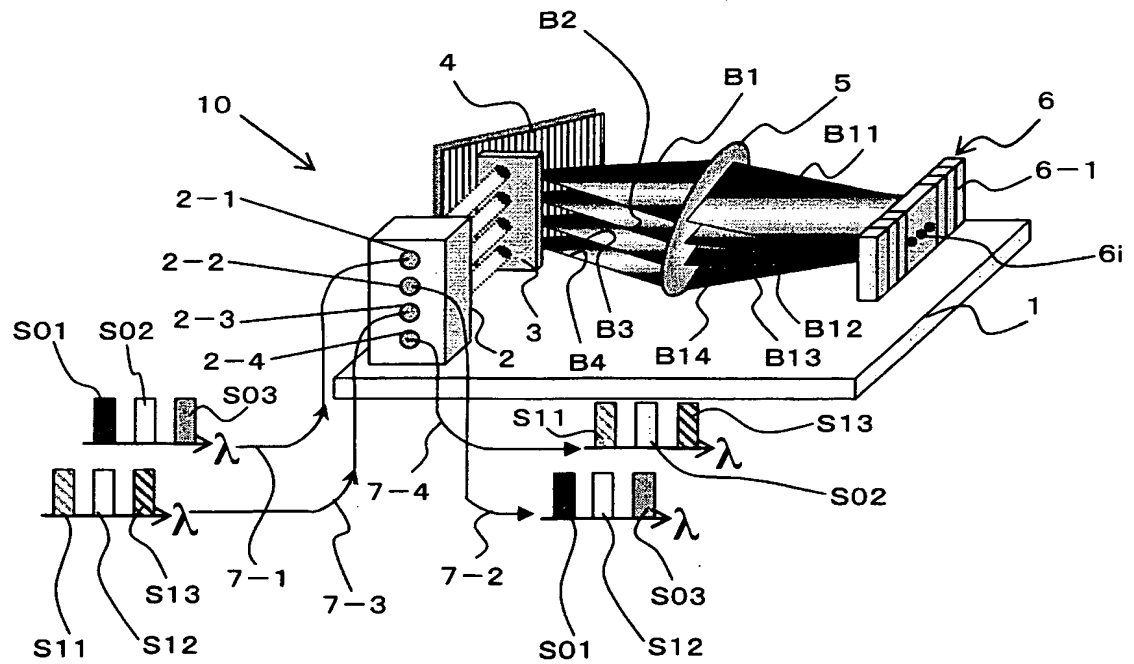
ポート

3, 13, 31, 32 偏光ビームスプリッタ

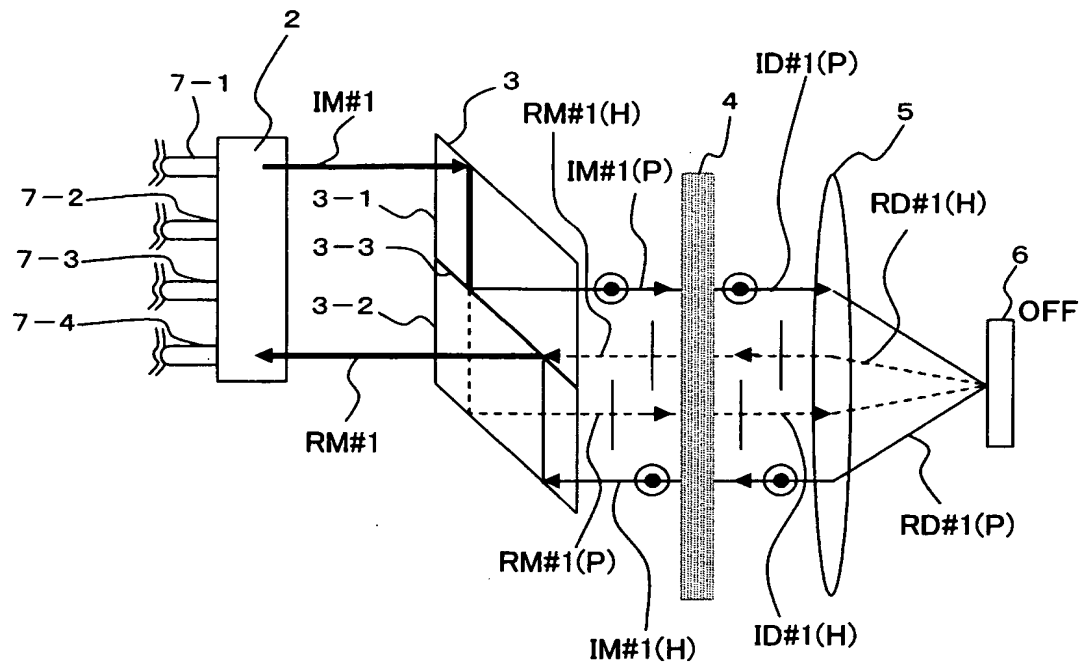
3-1, 3-2 光学ガラス材料

3-3 誘電体多層膜
4, 14, 41, 42 回折格子
5, 15, 51, 52 レンズ
6, 16, 61 偏光制御素子アレイ
6-1, 16-1, 61-1, 6i, 16i, 61i 偏光制御素子
6a 反射膜
7-1~7-4, 17-1, 17-2 光ファイバ
8 $\lambda/2$ 波長板
10, 20, 30 偏光制御型波長選択スイッチ
17a, 17b 光サーキュレータ

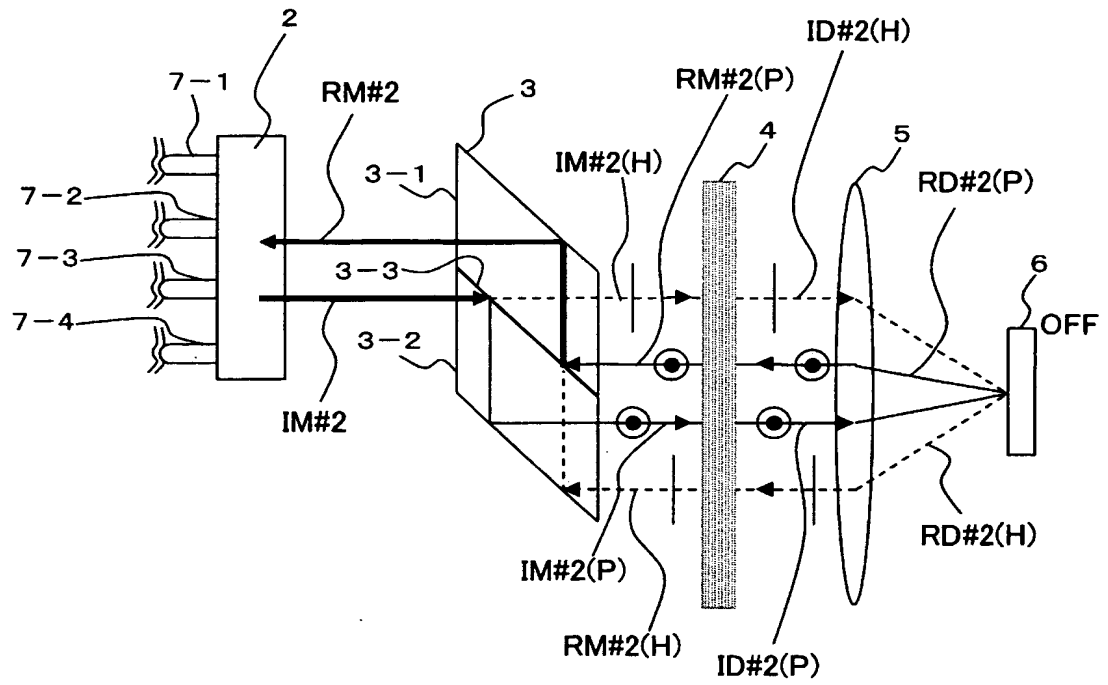
【書類名】 図面
【図 1】



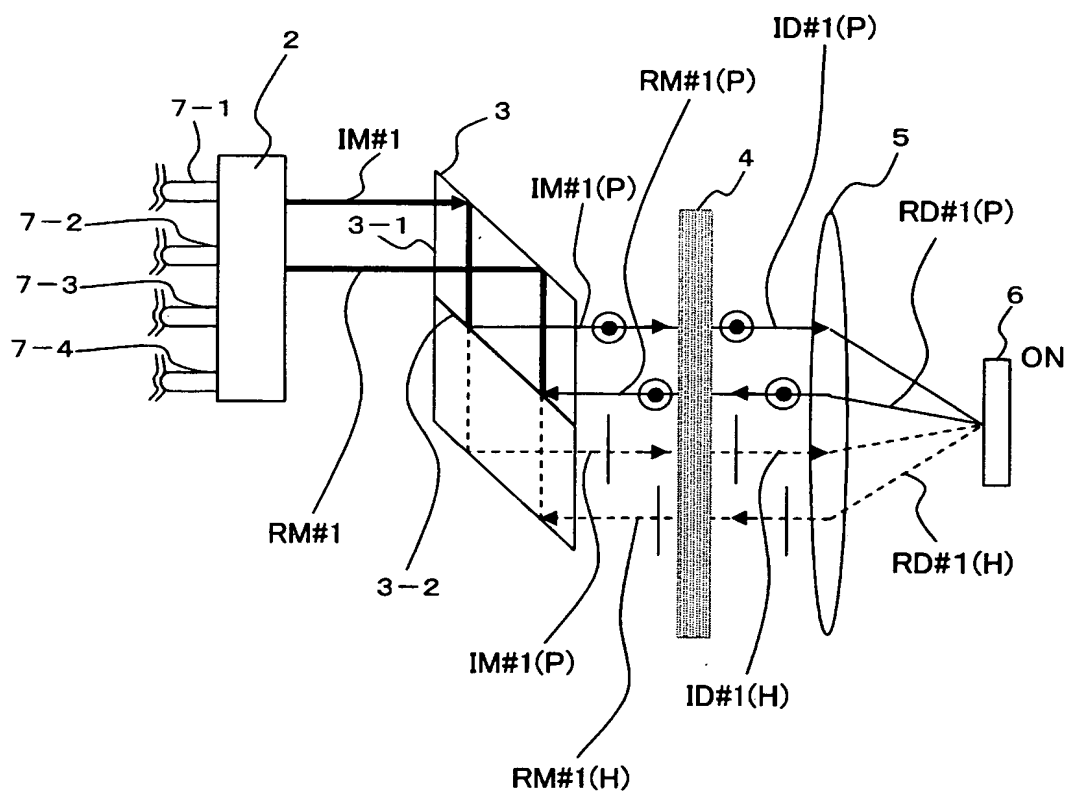
【図 2】



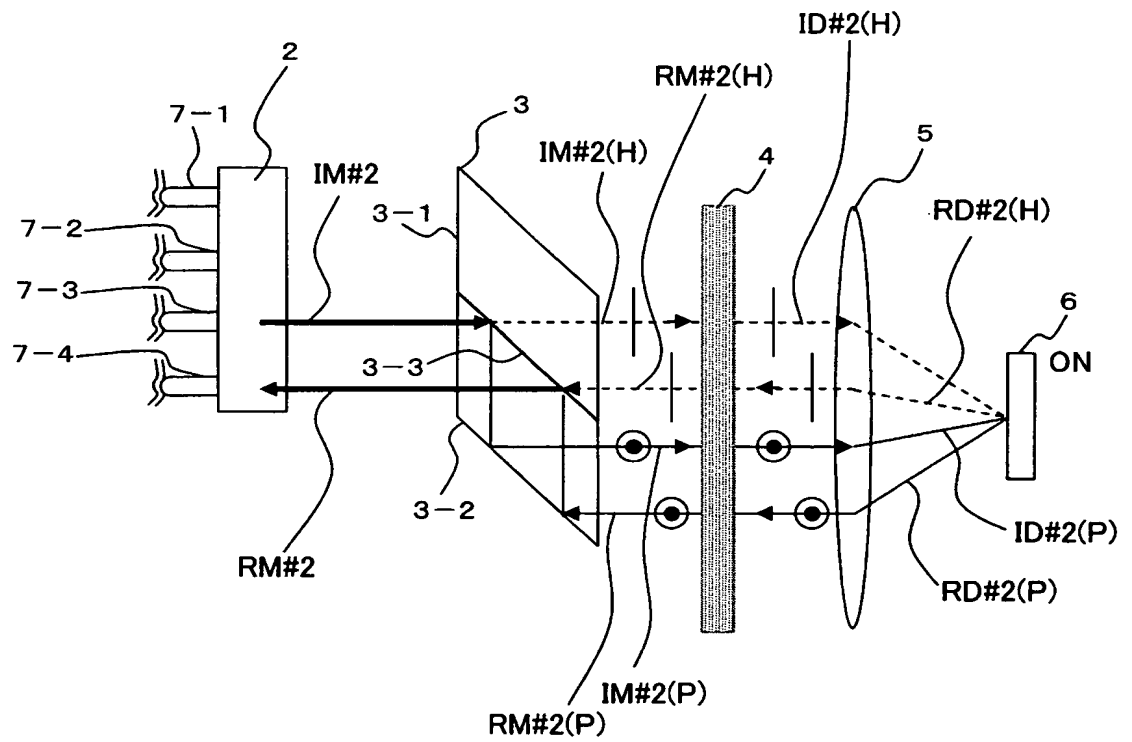
【図 3】



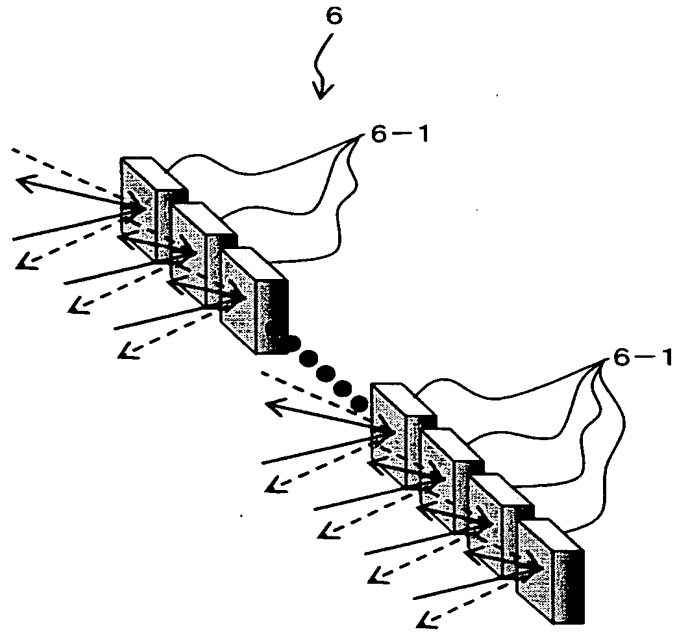
【図 4】



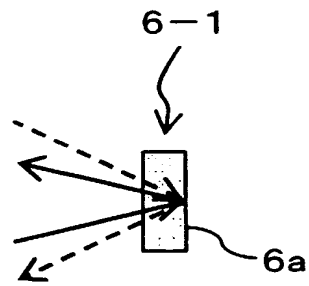
【図 5】



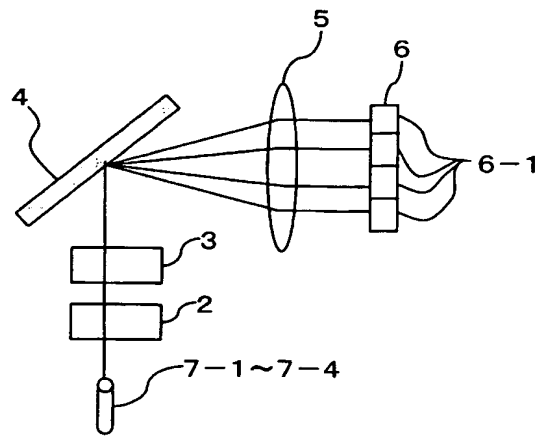
【図 6】



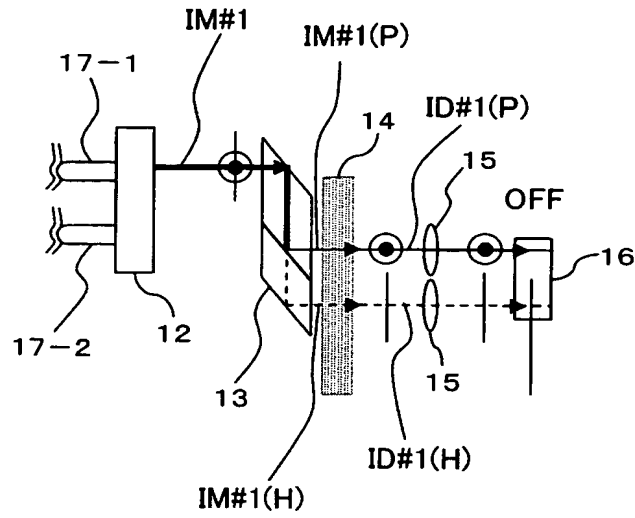
【図 7】



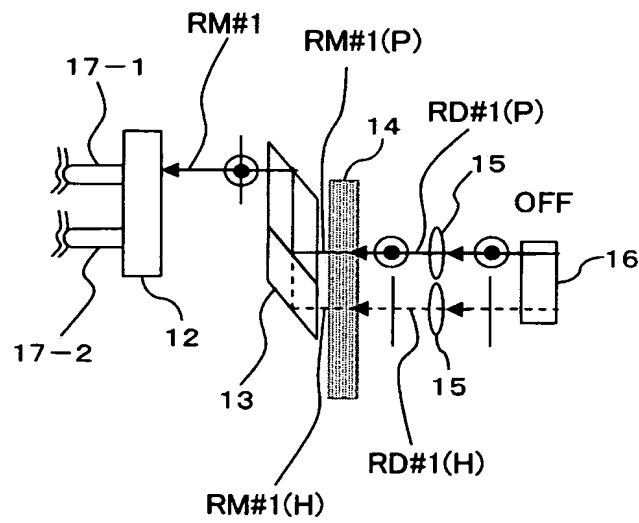
【図 8】



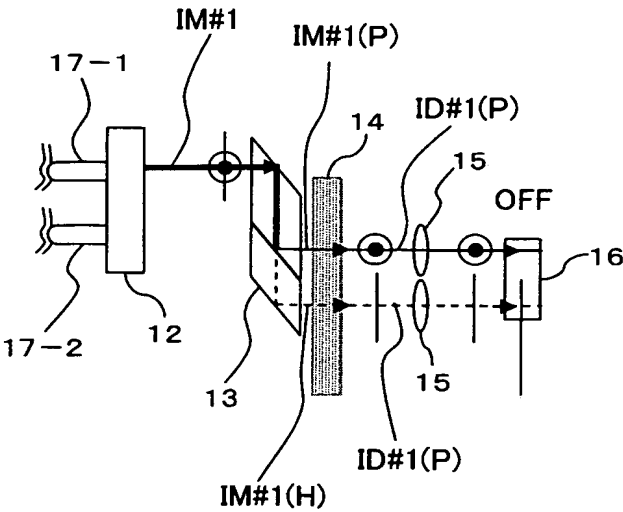
【図 10】



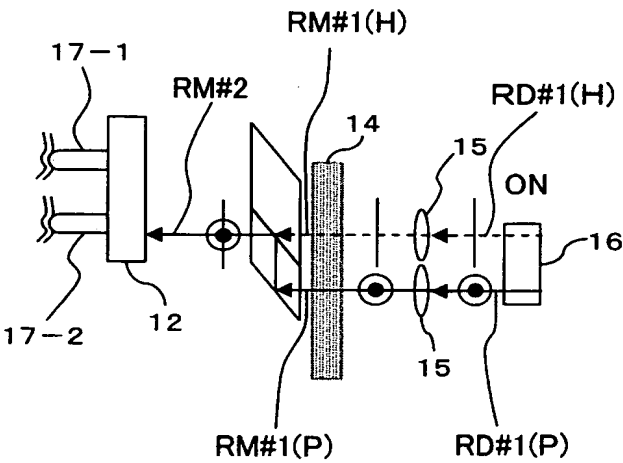
【図 11】



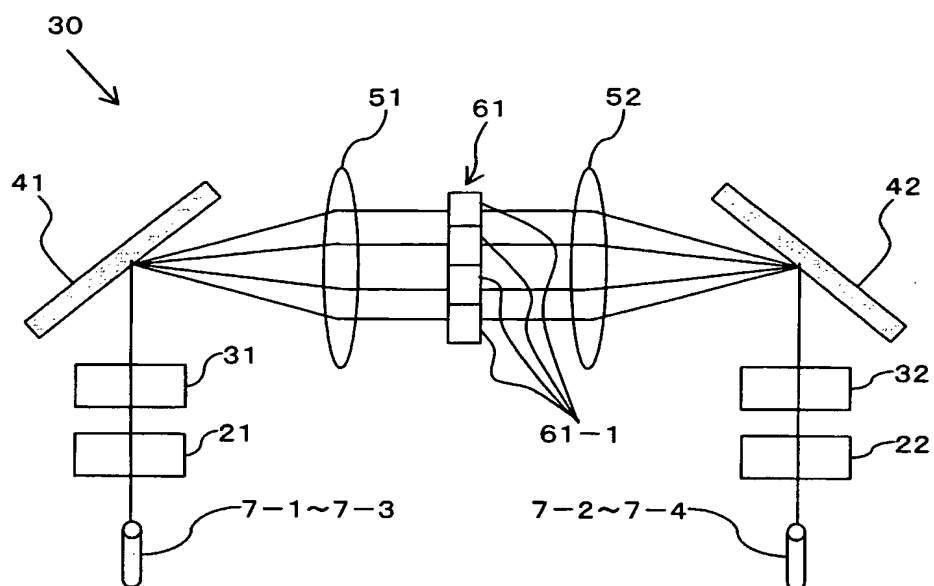
【図 12】



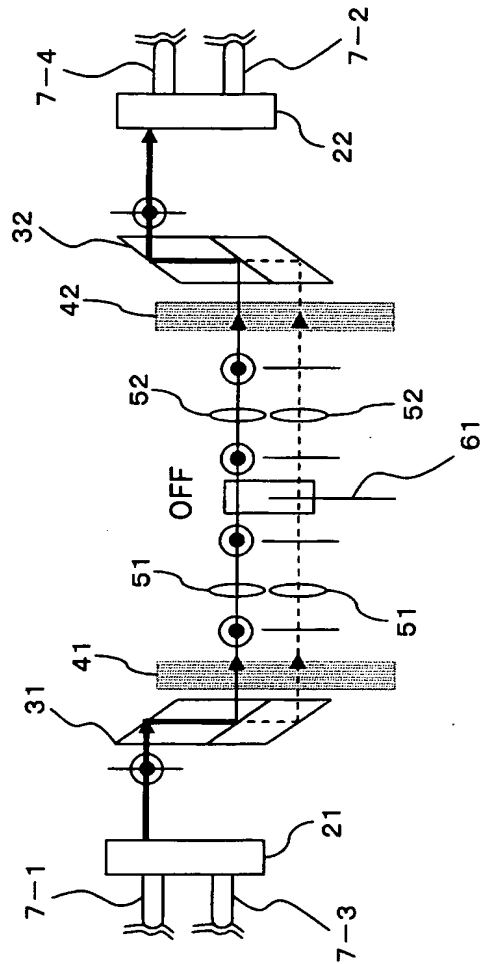
【図 13】



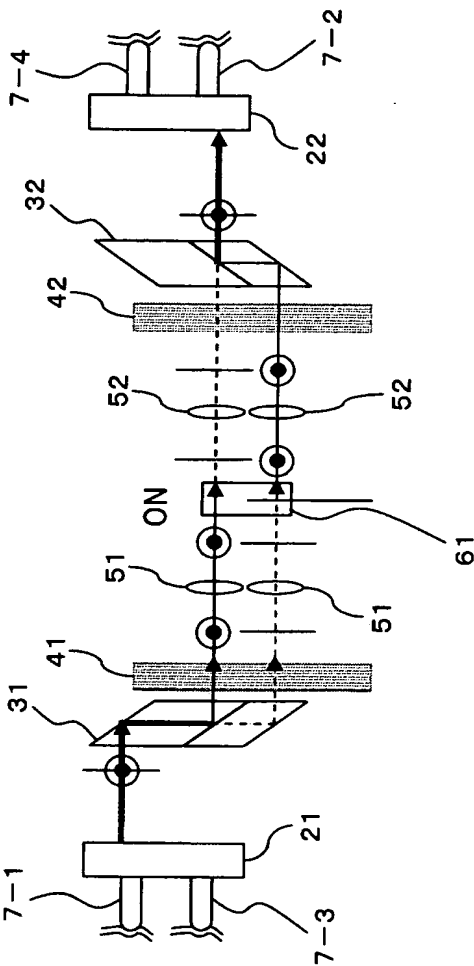
【図 14】



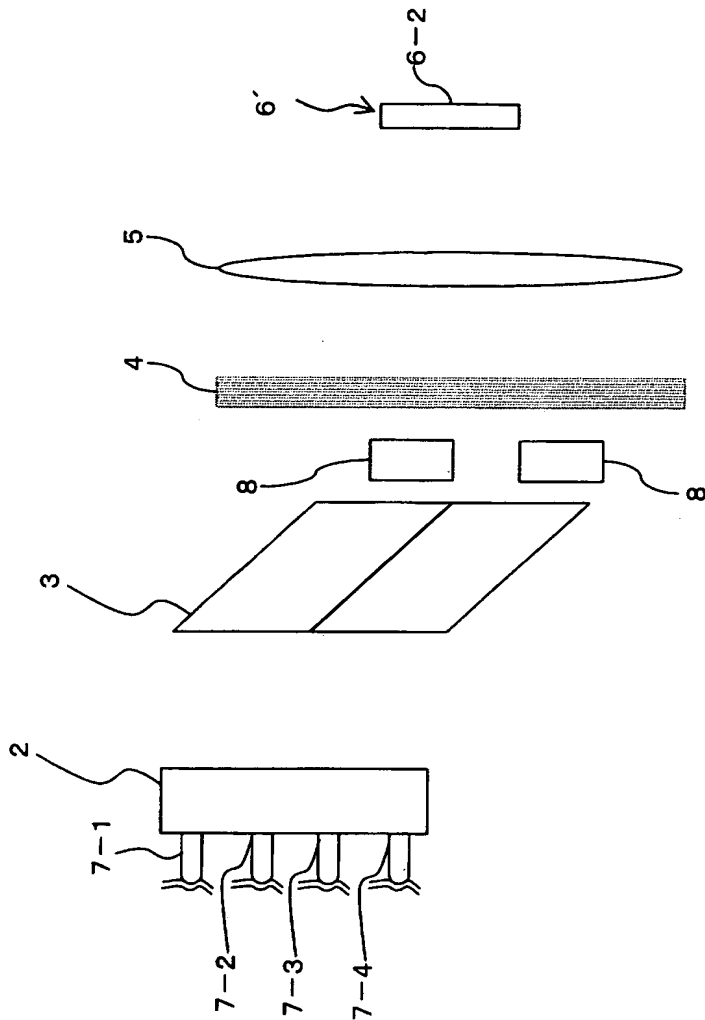
【図 15】



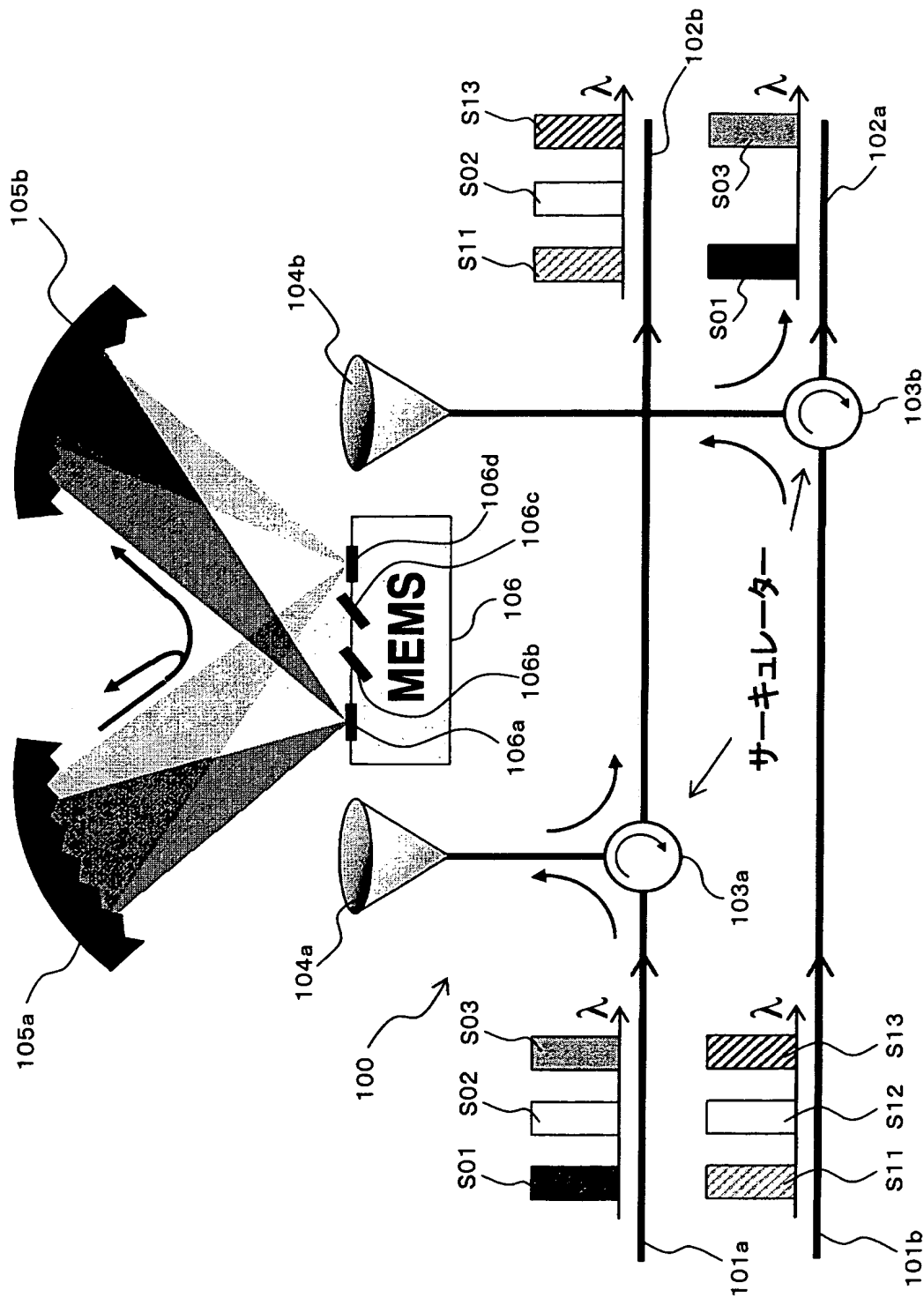
【図 16】



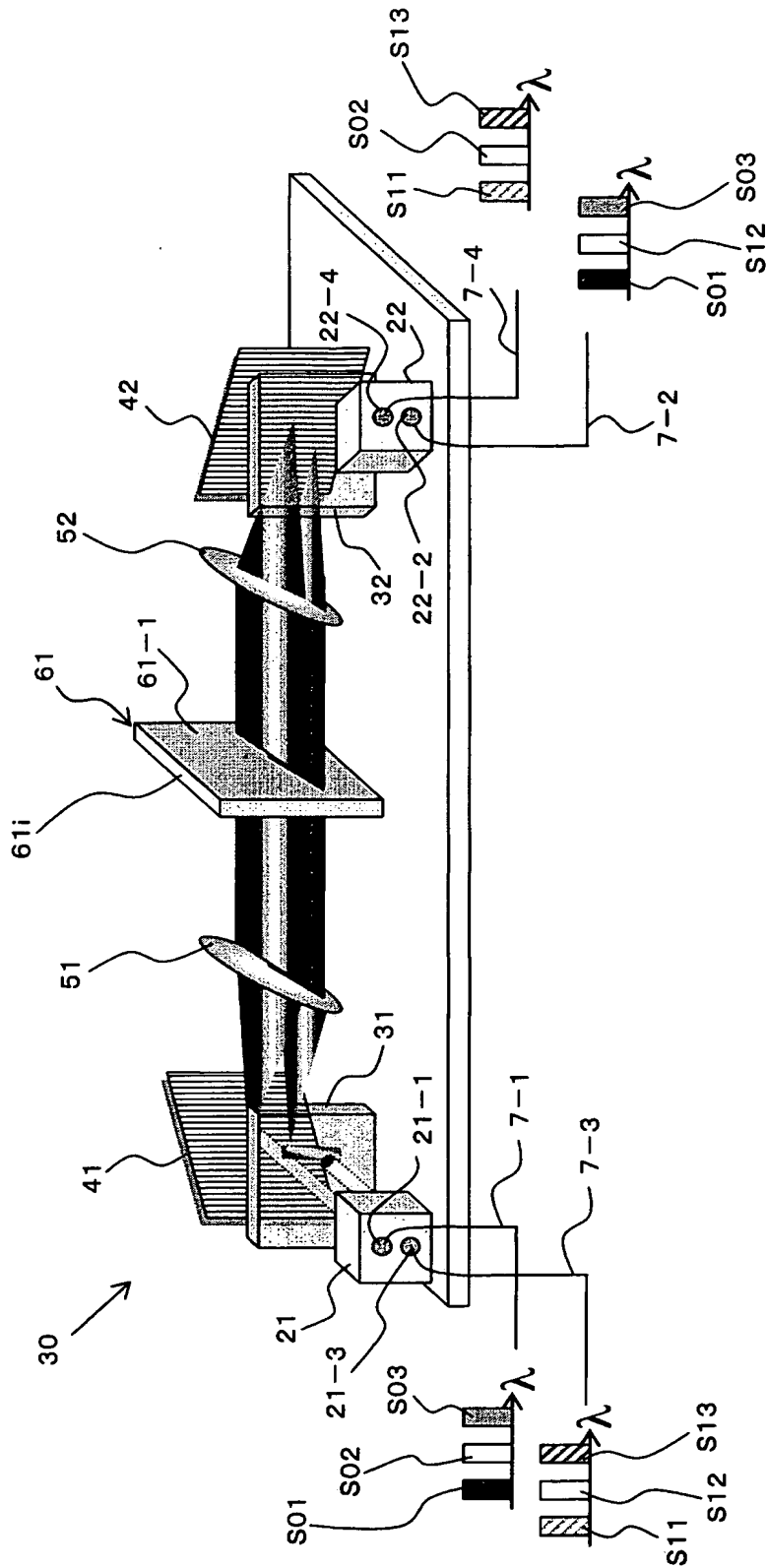
【図 17】



【図 18】



【図 19】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 従来のMEMSミラーを用いた波長選択スイッチに比べて、動作速度よりも高速に動作するとともに、スイッチ動作させるために要する消費電力を大幅に削減する。

【解決手段】 偏光制御素子アレイ6をなす個々の偏光制御素子6-1による各波長分波光の偏光方向の切り替えに従って、各入力ポート2-1, 2-3からの入力側波長多重光の波長成分ごとに出力先となる出力ポート2-4, 2-2が切り替えられて、入力側波長多重光に対して波長成分が切り替えられた出力側波長多重光をそれぞれ出力するように、偏光合成・波長合波部材3, 4, 5を構成する。

【選択図】 図1

特願 2 0 0 3 - 3 0 1 7 2 5

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[0 0 0 0 0 5 2 2 3]

1. 変更年月日

1 9 9 6 年 3 月 2 6 日

[変更理由]

住所変更

住 所

神奈川県川崎市中原区上小田中 4 丁目 1 番 1 号

氏 名

富士通株式会社